

平成 29 年度 環境経済の政策研究

(水俣条約に基づく水銀削減政策として経済手法の活用可能性と

期待される効果に関する調査・分析)

研究報告書

平成 30 年 3 月

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

国立大学法人 広島大学

国立大学法人 山形大学

目次

サマリー	1
I. 研究計画・成果の概要等	
1. 研究の背景と目的	3
2. 3年間の研究計画及び実施方法	3
3. 3年間の研究実施体制	5
4. 本研究で目指す成果	6
5. 研究成果による環境政策への貢献	6
II. 平成 29 年度の研究計画および進捗状況と成果	
1. 平成 29 年度の研究計画	7
2-(1). 平成 29 年度の進捗状況および成果 (概要)	7
2-(2). 3 年間の研究を通じて得られた成果 (概要)	9
3. 対外発表等の実施状況	12
4. 平成 29 年度の進捗状況と成果 (詳細)	
序論	15
本論	16
結論	59
III. 添付資料	
参考文献	60
付 録 1	62
付 録 2	65
付 録 3	75
図表一覧	97

Summary

Artisanal and small-scale gold mining sector (ASGM) is playing an important role in economic development of many poor countries as it provides sources of income to a large population of these countries. However, the sector faces many economic and environmental challenges as a result of use of indigenous or low technology methods, which are serious threat to poverty and social wellbeing of the inhabitants. This three-year study aimed to conduct a rigorous analysis to investigate those issues to find possible countermeasures.

This fiscal year, gold ore from the Philippines which showed high silver concentration was re-examined. It was noticed that independent silver mineral polybasite* accompanied sulfides in the ore. Gold is small in size and refractory. Also it was found that toxic heavy metals in the tailings can be dissolved in the waste water under some chemical conditions.

*A natural compound of silver, copper, antimony and sulfur with the chemical formula $(\text{Au, Cu})_{16}\text{S}_2\text{S}_{11}$

After the characterization mentioned above, the material flow analysis (MFA) for Hg in Mongolia and the Philippines was conducted. The material flows and environmental emissions for Hg on the country level was estimated based on previous studies, statistics, and surveys. In addition, the model to assess the reduction in the material flows for Hg by the ethical jewelry was developed.

The MFA mentioned above covered the material flows not only for the ASGM but also for fuel combustion and Hg containing products. The result indicated that the contribution of ASGM in the whole material flows is high and that relationship between ASGM and the other sectors is existed.

The assessment of the Hg reduction is based on the framework of a *Waste Input-Output model*. This model enables us to estimate the changes in material flows for Hg by a given scenario. By applying this model to Mongolia and the Philippines, the reductions in material flows and environmental emissions by the scenarios related to whole amalgamation were evaluated. Through this case study, our investigation found the modeling suitable for assessing the Hg reduction effect by the ethical jewelry.

An econometric analysis of ASGM sector profitability and its sources indicates that there are substantial earning differentials between mercury and non-mercury use areas as well across gender. The findings also suggest the education and training programs could help to improve financial performance of the people involved in mining in those areas.

Empirical findings based on probability (logistic) models estimation also suggest that people having more mining earnings are more willing to use mercury free methods. Women are also willing more to adopt mercury methods as well participate in environmental mitigation programs. However, they have less opportunities to embark on such policy programs.

The elimination of mercury use is essential to achieve sustainable livelihood to alleviate poverty. It is also important to achieve sustainable development goals through mitigation of environmental and health and safety issues, which are prevalent in the ASGM sector. These issues can be overcome by the provision of mercury free technologies to people involved in the mining activities. Education and training programs to create awareness about health and safety and environmental problem could help to deal with those problems at community level.

Though this baseline study identifies mercury related issues in the ASGM sector, a further in-depth study is desirable to devise long term strategies to deal with those problems. An intervention study could provide more insightful analysis by creating a longitudinal data to conduct a comprehensive analysis for policy reforms.

I 研究計画・成果の概要等

1. 研究の背景と目的

近年、世界各地で水銀汚染が報告されているが、その原因として看過できないのが、零細および小規模金採掘（artisanal/small-scale gold mining：以降 ASGM と省略）である。これは、発展途上国において、会社組織によらない人々が金鉱石の乱掘を行い、その製錬に水銀を用いる事業形態だが、多くの場合、水銀を開放系で扱うため汚染が拡大しており、早急な対策が求められている。

ASGM の実態は場所ごとに異なるうえ、各現場では、水銀汚染に加えて、植生破壊、児童労働、事故、密輸、地域紛争など、さまざまな問題が複雑に絡み合っている。しかも公的記録や統計がほとんど存在しないため、対策を検討することは非常に困難である。

しかし、最近、ASGM にフェアトレードやエシカルジュエリーを導入し、環境保護と地域振興を同時に進める案が出ている。エシカルジュエリーとは、金や宝石を人力小規模採掘する者と宝飾業者が、環境保護・安全確保・人権擁護等を包含する協定を結び、順守する採掘者には国際価格での買い取りや報奨金の上乗せを保証するしくみである（報奨金は基金として積み立てて地域社会の福利厚生等に使う事を求められる）。従事者は、回収した金を売る際、ブローカーに買ったたかれる事が多い。したがって、国際価格での買い取りや報奨金の支払いは、従事者にとって、環境保護を意識する大きなインセンティブになる可能性がある。

エシカルジュエリーは、世界銀行の関係者が提唱、国際的なブランドである大手宝石業者が賛同して 10 年ほどになり、概念として定着しつつある（村尾，2013）。また、イギリスを中心に、ビジネスとして、徐々に広がっている（例えば Kelsall, in print）。しかし、それが、ASGM で使われる水銀の削減にどの程度の効果をもたらすかについては、定量的には測定されていない。そこで、本研究では、フィリピンとモンゴルを研究対象とし、エシカルジュエリーが ASGM の水銀削減に与える効果の測定を目的とする。

2. 3 年間の研究計画及び実施方法

本研究では、当初、次の 6 つの課題を設定したが、今年度は 1、2 年度の成果を反映させ、(2)(3)を削除した。(1)も進捗が著しいが、鉱石の性状について再確認をする場面もある事から、削除はせず、研究を継続した。

- (1) 金鉱石の鉱物組成および金の存在形態に関する研究
- (2) 尾鉱の鉱物組成および残留水銀に関する研究
- (3) 金鉱石および尾鉱の処理コストに関する研究
- (4) エシカルジュエリーの導入に関する研究
- (5) エシカルジュエリーの社会経済効果に関する研究
- (6) 人力小規模採掘で使われる水銀の流通に関する研究

昨年度の(2)(3)を削除した結果、仕様書において、今年度の業務は表 1 のように記載された。

(1)金鉱石の鉱物組成及び金の存在形態に関する研究

平成 27 年度にフィリピンとモンゴルで採取した鉱石、尾鉱について、平成 28 年度は、採取したサンプルより研磨薄片及び研磨片を作成し、岩石/鉱石顕微鏡を用いて観察し、電子線マイクロアナライザで構成粒子を分析した上で、その特徴を明らかにした。平成 29 年度はそのデータを追加、補強した上で、第 27 回環境地質学シンポジウムで成果を発表する。

(2)エシカルジュエリーの導入に関する研究

昨年度までに、エシカルジュエリーの情報収集を行うため、モンゴルから関係者を招へいし、研究会を開催するとともに、環境地質学シンポジウムに参加し、情報交換を行うことでモンゴルとの協力体制を構築した。平成 29 年度は非協力的なコミュニティを識別することで調査対象の見直しを図り、効率的な調査方法を設計し、新たに選定した場所においてエシカルジュエリーの社会経済効果に関する研究を行う。

(3)エシカルジュエリーの社会経済効果に関する研究

昨年度までにエシカルジュエリーの社会経済効果に関する研究で取得した情報を元に、モンゴルではサプライチェーンの下流側を意識した設計にする一方、フィリピンでは選鉱、精錬所オーナーに比重をおいた設計にするといった異なるフレームワークを設計する。両国について、エシカルジュエリーのフレームワークを設計後、(2)で選定したコミュニティにおいて、地域全体の経済状況、各世帯の家計状況、選鉱製錬施設の投資額、水銀使用量、金の回収量、品位、買い取り価格、労働者の収入、払うべき税額等の変数を調査する。また最終的な効果を測定するコミュニティを絞り込み、エシカルジュエリーを紹介した上で、水銀削減を呼びかける介入実験を行う。その後、それを行った地域と行っていない地域を比較及び検討し、エシカルジュエリーが水銀削減にもたらす効果を測定する。以上の成果のうち、公表可能と判断したものについては、(1)と同様のシンポジウムの場で成果発表をする。

(4)人力小規模採掘で使われる水銀の流通に関する研究

(2)の結果を参考に感度分析を実施し、国連環境計画や国際機関等の協力を得ながら、平成 28 年度フィリピンを対象に行った水銀のマテリアルフロー（採掘から製造、使用、廃棄、リサイクルにいたるライフサイクル全体）の精度向上を図るとともに、新たにモンゴルでのマテリアルフロー分析を行う。両国の分析結果による比較を通じて、途上国における零細及び小規模金採掘の位置づけを定量的に把握する。水銀の流通におけるモデル化では、平成 28 年度実施したフィリピンのモデル化に基づき、モンゴルを対象に水銀のマテリアルフローモデルを作成する。さらに(3)の成果を参考に、エシカルジュエリーを中心とした水銀削減シナリオを作成し、モンゴルとフィリピンを対象に作成した水銀のマテリアルフローモデルを用いて、水銀削減シナリオによる国全体での水銀のマテリアルフローの変化を定量化する。

表 1 仕様書に記載された業務内容

(5)上記に関する附帯業務

受託者は、(1)～(4)の業務を遂行するにあたり、共同研究機関となる再委任先及び再委任先間の情報交換を密にするとともに、環境省との打ち合わせ及び成果報告会に出席し、成果報告会には成果報告書の概要版案を 20 部提出する等、本業務を円滑に遂行すること。また、エシカルジュエリーの設計に関する調査（ロンドン）や UNEP 事務所における情報収集（バンコク）を行うとともに、本研究で得られた成果を CCOP 年次総会（セブ）を始め、社会地質学会などの学会やシンポジウム、あるいは共著論文を学術誌で発表する等、本事業での成果を広く発信すること。

表 1 仕様書に記載された業務内容（続き）

研究対象としては、当初は、3 か所の現場を選定した。そのうち 1 つは水銀の使用を中止しエシカルジュエリーをめざすモンゴルのバヤンホンゴル県、残りの 2 つは、水銀をいまだに使用しているフィリピンのカリंगा州およびカマリネス・ノルテ州である。このうち、バヤンホンゴル県については、昨年度、現地の協力を得て、一定の研究成果を挙げる事ができた。カリंगा州については、国際会議を開催し、副知事（当時）や一部の住民から研究協力について理解を得たものの、地域全体が了解するまでに至らず、研究対象から外さざるを得なかった。そこで、今年度は、モンゴルはセレンゲ県で、フィリピンはカマリネス・ノルテ州で、それぞれ、研究を行う事となった。

3.3 年間の研究実施体制

1 年目は、産業技術総合研究所（以下、産総研と呼ぶ）が中心となり、計量経済学やマテリアルフロー分析で必要となる基礎情報の収集に注力した。まず、モンゴルのバヤンホンゴル県およびフィリピンのカリंगा州、カマリネス・ノルテ州を調査した。ついで、採取した金鉱石および尾鉱を地質学・鉱物学的手法で処理、観察し、その特徴を明らかにした。さらに、エシカルジュエリーの流れを作ったキーパーソンにイギリスでインタビューし、今後の展望を探った。

2 年目は、初年度の成果を参照しつつ、現地情報の収集を続けて行ない（写真 1, 2）、地理データベースを整備した。また、ドイツ地球科学天然資源研究所（Bundesanstalt fuer Geowissenschaften und Rohstoffe:以下 BGR と記述）を訪問し、金のトレーサビリティについて、取材と意見交換を行った。これに並行して、フィリピンにおける水銀の流通についてモデル作成を行い、いくつかのシナリオによる水銀削減量の試算を行った。さらに、鉱業関係の分析に慣れているクインズランド大学と意見交換しつつ、計量経済学による研究方法の検討を行った。

3 年目は、モンゴルにおけるマテリアルフローモデルを作成するとともに、1-2 年次の成果を参照しつつ、フィリピンのマテリアルフローモデルを精密化した。また、クインズランド大学が、2 年目に設計した調査・測定手法により、モンゴル、フィリピン両国において、計量経済学的研究を実施した。さらに、産総研、広島大学、山形大学、クインズランド大学が、3 年間の結果を合わせて考察し、エシカルジュエリーを導入あるいは普及した際に、どの程度の水銀が削減できるか、検討を行った。

4. 本研究で目指す成果

本研究は、モンゴルおよびフィリピンを例として、エシカルジュエリーの導入によって ASGM による水銀使用量がどの程度減るかを、マテリアルフローと計量経済学的データの分析によって見積もる。そのため以下の成果を目指し、その後、それらを統合して、最終的な結論を出す。

- ✓ 地形図等の基礎情報整備
- ✓ 金鉱石、尾鉱の特徴と水銀汚染の程度の把握
- ✓ ASGM の現場における水銀使用の実態把握
- ✓ 水銀のマテリアルフローモデル作成
- ✓ ASGM およびエシカルジュエリーにおけるサプライチェーンの把握
- ✓ エシカルジュエリーを導入あるいは普及する方法の検討
- ✓ エシカルジュエリーによる水銀削減効果の検証

5. 研究成果による環境政策への貢献

わが国では、水俣病に関する知見が豊富な一方、ASGM にかかわる水銀の情報量が格段に少ない。特に、水銀削減のために介入すべきポイントが漠然としており、具体策の立案を妨げている。水俣条約への対応や国際環境協力の円滑な実施のためには同条約で特に重視されている ASGM に関する情報が必要である。

本研究は、成果がリスクマネジメントにつながるよう意識して進めている。ハザードではなくリスクをベースとした水銀の管理が必要という視点は 2017 年 9 月に開催された水俣条約 COP1 でも示されている(UNEP, 2017)。また、さまざまな関係者を排除することなく、包括的な水銀管理が実現するよう、検討を進めている。多様なアクターを取り込む必要性は、水俣条約 COP1 が採択した「零細及び小規模な金の採掘に係る国家行動計画策定に関する技術手引（以下技術手引と呼ぶ）*」5 の 7 にも記載されており、環境政策の重要なポイントである。

マテリアルフローモデルについては、動学化することで、複数年にわたる水銀の流れをシミュレーションできるようにし、各国の環境政策担当者が、数年後を見据えて業務を推進できる体制を構築しようとする。このモデルは水銀の一時的保存の効果を示すので水俣条約 10 条、11 条に貢献するものである。

水銀削減に実効性を持たせるには、関係者に対するインセンティブが必要である。本研究では、エシカルジュエリーの効果について分析を行い、環境政策に「インセンティブとしての商業メカニズム」を反映させるよう努める。水俣条約においては、商業メカニズムが副次的な扱いとなっており、Annex C のパラグラフ 2 で言及されているのみである。本研究の成果を反映させれば、わが国の環境政策は、同条約の弱点をカバーし、ソフト面で新たな提言ができる事になる。

*採択前の手引案は次のサイトからダウンロード可能：http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/forms%20and%20guidance/English/ASGM_guidance_e.pdf

なお、本研究は、以上を統合する事で、技術手引の見直しにも、貢献すると期待される。たとえば、同手引では「ゴールドプロセッサが重要な役割を果たす」と言いながら、その実態を示していない。本研究は、現場の細かい役割分担を把握した上で考察を進めるので、この弱点をカバーするものである。

II. 平成 29 年度の研究計画および進捗状況と成果

1. 平成 29 年度の研究計画

平成 28 年度は、27 年度分成果に対する審査・評価会の指摘事項のうち、「資源採掘から最終製品の国際物流までサプライチェーンの上流から下流までをカバーして、これにかかわる国内外の複数のステークホルダーの利害関係を分析しつつ、エシカルジュエリー普及のためのあるべきグローバルなフレームワークを提案すること」について取り組み、見通しを立てることを、第 1 の目標とした。その結果、昨年度の報告書で示したように、対象国におけるサプライチェーンの概要をつかむことができた。

平成 29 年度は、審査・評価会の指摘事項のうち、「エシカルジュエリーという経済的手法の具体的・現実的な導入手法のイメージが定まっていないという印象がある」、「エシカルジュエリーに至るよりも、現地の実情に基づいた提言、例えば適正技術がありうるかなどが先の課題に思われる」さらに「国際的な認証とトレース、ラベリングについては、ダイヤモンドだけでなく、象牙や木材、パーム油、マグロなどたくさんの試みがある。そういった先行事例も参考になるのではないか」の 3 点を中心的課題ととらえ、研究を進めることにした。

具体的には、サプライチェーンにおける水銀と金の流れを詳しく調査し、マテリアルフローモデルを動的にまとめる事と、調査票による現地取材を通して、具体的なデータを取得する事を目標とした。また、関連する適正技術や先行事例を知るため、単行本や学術雑誌を検索し、その一部を逐語訳する事にした。

2-(1). 平成 29 年度の進捗状況および成果(概要)

本研究では、ASGM の対象となる鉱石および鉱石処理後の尾鉱の鉱物学的な性格を把握する必要がある。すでに、初年度、次年度の研究により、金の産状はある程度明らかになった。しかし、金と同じくエシカルジュエリーの対象となる銀の産状は不明であった。また尾鉱に残留する有害元素についても考察が不十分であった。そこで、鉱石の鉱物学的研究を補足的に実施し、これらの問題について、一定の知見を得た。

マテリアルフローの研究では、各国における水銀のおおまかな流れを文献で調べた (Bali Fokus, 2017; Ban Toxics, 2017)。また、個別の現場で使用される水銀がどの程度失われるかを、地元 NGO への取材および文献調査で明らかにした (Macabuhay et al., in print; Velasquez-Lopez et al., 2010)。その結果、次の事実が判明した。

- ✓ アマルガムを絞って固める段階で水銀の 5～6 割が回収される。
- ✓ アマルガムを加熱すると、中の水銀の 3 割程度が大気中へ、1 割強が尾鉱に移行する。
- ✓ 金 1g を回収するのに必要な水銀は、フィリピンの場合、平均 19.2g だが、データの範囲は 1.5g ～149g と大きい。

これらの情報を考慮しつつマテリアルフロー分析（material flow analysis: 以下 MFA と記述）を実施した。昨年度開発した水銀削減効果測定モデルを発展させ、現場における水銀使用方法を”whole ore amalgamation”から pre-concentration”にシフトさせた場合の効果を計測、この転換により ASGM を中心に水銀環境排出量と違法な水銀輸入量が大幅に削減することを確認した。

同時に、モンゴルおよびフィリピンの現地調査に向けて、現地の学術機関や行政と協力して、計量経済学用の調査票を作成した。モンゴルはモンゴル語、フィリピンはタガログ語による調査とし、モンゴル、フィリピンとも、約 300 人にインタビューを行った。モンゴルについては、スイスのプロジェクトがフェアトレードやエシカルジュエリーについて、関係者にすでに概念の紹介をしており、また、水銀フリーな選鉱施設も存在する事から、特にエシカルジュエリーについての行事を企画せず、調査票によるインタビューに専念した。得られたデータは解析し予察的な結果を得た。

フィリピンにはエシカルジュエリーの経験は全くなく、いきなり概念を導入すると関係者を混乱させる恐れがある事から、エシカルジュエリーに関する講習会は開催しなかった。そのかわり、調査票に、環境に対する意識や水銀使用を中止する意志の有無が確認できる項目を入れ、エシカルジュエリーを地域社会が受容する可能性を測る目安とした。現在、データをクリーニング中である。



写真 1,2 フィリピンにおける ASGM の様子

にした。最終的には、現場における水銀使用方法を”whole ore amalgamation”から pre-concentration”にシフトさせた場合の効果を計測し、この転換により、ASGM を中心に水銀環境排出量と違法な水銀輸入量が大幅に削減することを確認した。

エシカルジュエリーの研究では、先進国が理想とする供給チェーンについてイメージを(図 2)明らかにした。先進国が理想とする供給チェーンは「closed pipe」と呼ばれる構造を持ち、中間業者を可能な限り排除するとともに、参加者は倫理的ルールで縛るといものである。意識の高い宝飾業者は企業の社会的責任 (CSR) をアピールできるためこのチェーンの下流側に参加するが、意識の低い団体は、表面上は社会に対する責任を謳っても、実際には協力して来ない。

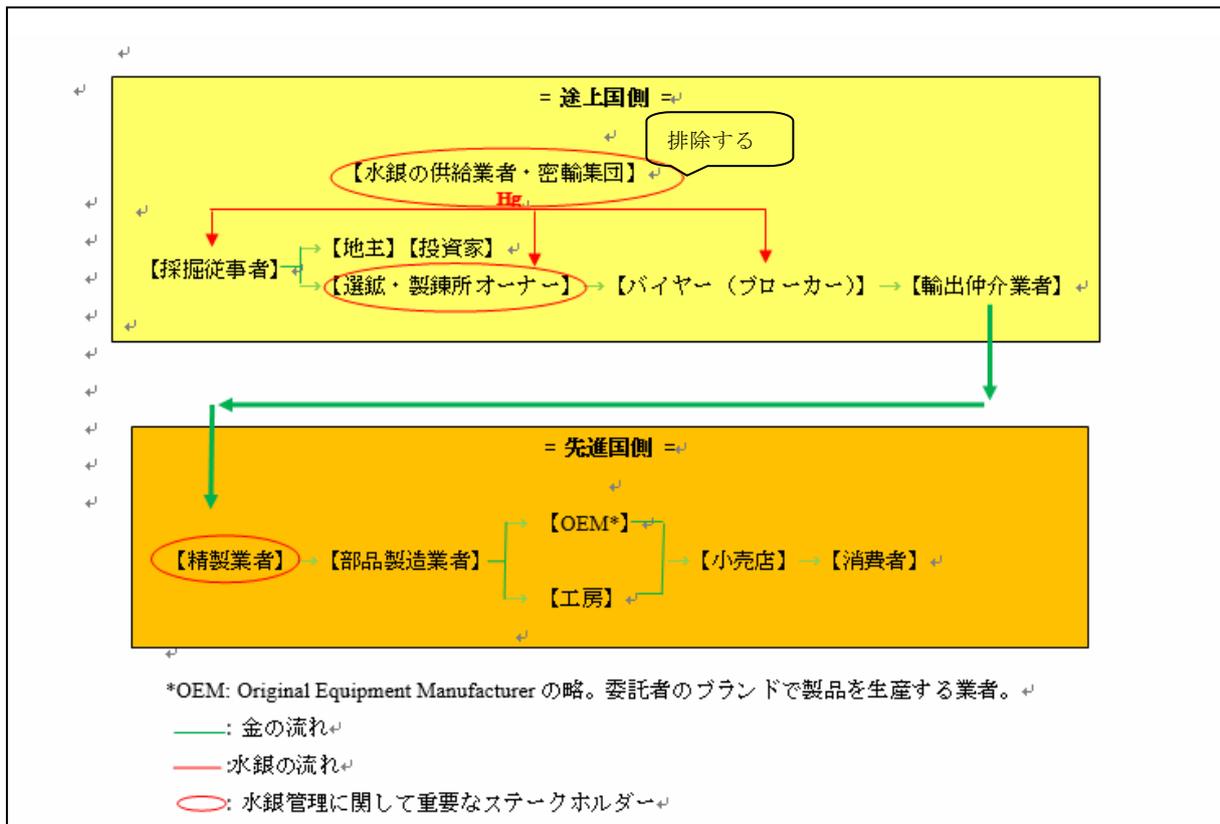


図 2 一般化したエシカルジュエリーの供給チェーン

たとえば、日本ジュエリー協会は、そのホームページでは適正なビジネスを方針として掲げるが、実際には付録 1 に示すように「わが国の宝飾業界はそれどころではない」という立場である。また、欧米では、精製業者の協力が不可欠とされているが、わが国ではその実績がない。さらに、モンゴルでは概念は知られているものの実績がなく、フィリピンでは概念すら知られていない事もあり、東京の業者を下流にすえて、アジア版エシカルジュエリーの体制を整えるには、かなり時間がかかりそうという結論を得た。モンゴルおよびフィリピンで現状をいかに変えていくべきか考察した結果を図 3, 4 に示す。

計量経済学的調査では、ASGM を行う集団の特徴や環境に関する意識を調べ、金の抽出による収

益の最大化がどのようにすれば可能かを明らかにした。モンゴルのデータによると、教育レベルの高い人の方が収益を上げやすい。また、水銀を使う集団よりも使わない集団の方が収益率は高い。さらに、鉱石の性格に合わせて補正された処理装置を備えた選鉱場のユーザーは他者よりも高い利益を上げている事が明らかになった。ただし、性差があり男性の方が女性よりも収入が大きい傾向があった。以上より、水銀を使用せず、女性を重視するエシカルジュエリーの枠組みは、十分に説得力があるが、法令の整備や供給チェーンの構築で時間がかかるため、モンゴルにおける実現はしばらく先になると考えられる。

モンゴルにおけるサプライチェーン

モンゴルでは地域住民の力を活用すべき。また、ニンジャ、地域住民、宝飾関係者を取り込んだ総合的な働きかけをすると、水銀削減効果が大きく出ると思われる。

現状	→	エシカル
水銀密輸団		密輸防止団
水銀使用ニンジャ(採掘従事者)		水銀不使用ニンジャ(採掘従事者)
水銀を使う選鉱・製錬施設		水銀フリーな選鉱・製錬施設
チェンジ(ブローカー)		中央銀行/輸出代行業者
金の密輸団		エシカルジュエラー工房

図3 モンゴルにおける供給チェーン変革の一案

フィリピンにおけるサプライチェーン

採掘関係者は水銀フリーな技術に興味を持っているので、彼らに働きかける事が、重要である。「水銀を多量に使用しても金の回収率は上がらない、使わない方が得」という情報を含める必要がある。伝統的な金銀細工を活用すべき。

現状	→	エシカル
水銀販売業者		
採掘従事者		採掘従事者
選鉱・製錬施設		水銀フリー選鉱・製錬施設
買い取りショップ(村)		
買い取りショップ(町)		
町の工房(一部)		エシカルな工房
金の密輸団(一部)		エシカルな小売店

図4 フィリピンにおける供給チェーン変革の一案

3. 对外発表等の実施状況

論文誌上発表

- Fuse, M. and Murao, S. (in print) Artisanal and small-scale gold mining and its mercury flows, Proc. Thematic Session “The role of geoscience in safeguarding our society”, 53rd CCOP Annual Session, Cebu.
- Kelsall, H. (in print) Increasing profitability through responsibility in the luxury industry, Geo-pollution Science, Medical Geology and Urban Geology.
- Macabuhay, M., Galvez, A., Lucino, J., Cubelo, E., Lorenzo, J. S., Monroy, T. and Guiterez, R. C. (in print) Mercury flow analysis in artisanal and small-scale gold mining operations in the Philippines, Geo-pollution Science, Medical Geology and Urban Geology.
- 村尾 智 (in print) Mongolia-Japan Technical Cooperation Workshop for Effective Mercury Management in relation to the Minamata Convention, 社会地質学会誌.
- Murao, S., Macabuhay, M., Narisawa, N., Monroy, T., Takenaka, C. and Pante-Aviado, S. M. (2017) Preliminary study on the risk of mercury exposure to the people consuming fish from Camarines Norte, Philippines, Geo-pollution Science, Medical Geology and Urban Geology 13, 31-33.
- Pante-Aviado, S. M. (2017) Mining laws compliance and small-scale gold mining practices in Camarines Norte, 第 27 回環境地質学シンポジウム論文集, 19-20, 社会地質学会.
- Percil, N. S. (2017) Participatory resource assessment and facility mapping in artisanal and small-scale gold mining community, 第 27 回環境地質学シンポジウム論文集, 21-22, 社会地質学会.
- 村尾 智・竹中千里・Percil, N. S.・Macabuhay, M.・Galvez, A.・Cubelo, E.・Guiterez, R. (2017) フィリピンにおける零細及び小規模金採掘現場訪問の留意点について, 第 27 回環境地質学シンポジウム論文集, 43-46, 社会地質学会.
- 柴田晴音・竹中千里・中島和夫・成澤 昇・村尾 智 (2017) ASGM における金抽出処理がもたらす重金属可溶化について, 第 27 回環境地質学シンポジウム論文集, 23-26, 社会地質学会.
- 加田 渉・春山盛善・須田 義・佐藤 隆・山田尚人・三浦健太・神谷富裕・村尾 智・花泉 修 (2017) マテリアルトレーサビリティへの寄与を目的とした集束イオンビームによる微細加工並びに情報記録技術の開発, 第 27 回環境地質学シンポジウム論文集, 63-66, 社会地質学会.

成果口頭発表

- Fuse, M. and Murao, S. (2017) Artisanal and small-scale gold mining and its mercury flows, Thematic Session “The role of geoscience in safeguarding our society”, 53rd CCOP Annual Session, Cebu.
- Kelsall, H. (2017) Increasing profitability through responsibility in the luxury industry, 環境省主催セミナー「金採掘時の水銀排出と水俣条約」, 東京.
- 村尾 智 (2017) ASGM における水銀の使用と環境・健康問題, 環境省主催セミナー「金採掘時の水銀排出と水俣条約」, 東京.
- Narantsogt, B. (2017) モンゴルにおける ASGM 事例紹介, 環境省主催セミナー「金採掘時の水銀排出と水俣条約」, 東京.
- Guiterez, R. C. (2017) アジアにおける ASGM の水銀対策プログラム, 環境省主催セミナー「金採掘時の水銀排出と水俣条約」, 東京.
- Pante-Aviado, S. M. (2017) Mining laws compliance and small-scale gold mining practices in Camarines Norte,

第 27 回環境地質学シンポジウム, 日本大学文理学部.

Percil, N. S. (2017) Participatory resource assessment and facility mapping in artisanal and small-scale gold mining community, 第 27 回環境地質学シンポジウム, 日本大学文理学部.

村尾 智・竹中千里・Percil, N. S.・Macabuhay, M.・Galvez, A.・Cubelo, E.・Guiterez, R. (2017) フィリピンにおける零細及び小規模金採掘現場訪問の留意点について, 第 27 回環境地質学シンポジウム, 日本大学文理学部.

柴田晴音・竹中千里・中島和夫・成澤 昇・村尾 智 (2017) ASGM における金抽出処理がもたらす重金属可溶化について, 第 27 回環境地質学シンポジウム, 日本大学文理学部.

講演

Dalaibuyan, B. (2018) Mining and sustainability challenges: Towards mercury-free, formalized artisanal and small-scale mining, 2018.3.7, 石油天然ガス・金属鉱物資源機構.

Fuse, M. (2017) Challenges toward mercury-less society, UNEP Regional Office for Asia and the Pacific, 2017.12.1., Bangkok.

Murao, S. (2018) Minamata Convention and artisanal/small-scale gold mining, 名古屋大学 さくらサイエンスプログラム 講演会, 2018.1.31, 名古屋大学 農学部.

成果ポスター発表

加田 渉・春山盛善・須田 義・佐藤 隆・山田尚人・三浦健太・神谷富裕・村尾 智・花泉 修 (2017) マテリアルトレーサビリティへの寄与を目的とした集束イオンビームによる微細加工並びに情報記録技術の開発, 第 27 回環境地質学シンポジウム, 日本大学文理学部.

DVD 作成

TUM GEL (2018) モンゴルの零細及び小規模金採掘における水銀フリー技術の映像記録, 産業技術総合研究所*.



*モンゴルにおける水銀フリー技術を動画で記録し、日本語のナレーションをつけてテレビ番組風に仕上げた。

受賞

第 27 回環境地質学シンポジウム 奨励賞, 「ASGM における金抽出処理がもたらす重金属可溶化について」に対して, 2017 年 12 月 2 日, 社会地質学会.

出版

サリーム・アリ著 村尾 智訳 (2018) 鉱物の人類史, 青土社, 307pp.

研究打ち合わせ等

日付	打ち合わせ相手	打ち合わせ場所
2017 年 4 月 6 日	梅澤貞雄、塚本仁人	日本ジュエリー協会
2017 年 4 月 6 日	坂本 治	西町公園
2017 年 4 月 7 日	成澤 昇	東京市政会館
2017 年 5 月 8 日	村上千恵	虎ノ門ツインビル
2017 年 5 月 9 日	Kelsall, H.	虎ノ門ツインビル
2017 年 5 月 9 日	Gutierrez, R. C.	虎ノ門ツインビル
2017 年 5 月 9 日	Narantsogt, B.	虎ノ門ツインビル
2017 年 5 月 9 日	Jamiyansuren, T.	虎ノ門ツインビル
2017 年 5 月 9 日	Minjin, S.	虎ノ門ツインビル
2017 年 5 月 9 日	星 まり	虎ノ門ツインビル
2017 年 5 月 9 日	村上千恵	虎ノ門ツインビル
2017 年 5 月 10-11 日	Minjin, S.	産業技術総合研究所
2017 年 6 月 3 日	星 まり	六本木ヒルズ
2017 年 6 月 12 日	竹中千里	名古屋大学農学部
2017 年 6 月 16 日	鈴木憲敦、本間丈裕	産業技術総合研究所
2017 年 7 月 8 日	Minjin, S.	Hotel Ulaanbaatar
2017 年 7 月 8 日	Gantogoo, Dorjuchulam	Ulaanbaatar Science University
2017 年 7 月 13 日	Purevsuren, Jamiyansuren	The Corporate Hotel
2017 年 7 月 18 日	布施正暁	東京市政会館
2017 年 7 月 22 日	Galvez, A.	Bagasbas Lighthouse Hotel and Resort
2017 年 7 月 23 日	Galvez, A.	Ban Toxics CN Field Office
2017 年 7 月 24 日	Villablanca, G.	村長私邸
2017 年 7 月 25 日	Hondrade, A.	Ban Toxics Manila Office
2017 年 9 月 11 日	坂本 治、小林 舞衣	芝パークホテル別館
2017 年 9 月 19 日	Altangerel, J.	虎ノ門ツインビル
2017 年 9 月 25 日	布施正暁	広島大学工学部
2017 年 10 月 3 日	Pante-Aviado, S.M.	キッチン風
2017 年 10 月 10 日	広瀬和世	宇宙システム開発利用推進機構
2017 年 10 月 24 日	山崎雅人	名古屋リバティホテル
2017 年 10 月 25 日	竹中千里	名古屋大学農学部
2017 年 10 月 26 日	布施正暁、坂本 治	市ヶ谷ルノアール

2017年11月1日	中尾幸道	産業技術総合研究所
2017年11月17日	加田 渉	群馬大学大学院理工学府
2017年11月28日	布施正暁	広島大学工学部
2017年11月30日	安松空良	ロイヤルパークホテル・ザ・羽田
2017年12月1日	Pante-Aviado, S.M.	日本大学オバールホール
2017年12月2日	Percil, N.	日本大学オバールホール
2017年12月7日	緒方泰子	ホテルグランド東雲
2017年12月7日	成澤 昇	ホテルグランド東雲
2017年12月11日	富安卓滋	水俣環境アカデミア
2017年12月13日	星 まり	六本木ヒルズ
2018年1月12日	斉藤 貢、大江沙知子	環境省
2018年1月31日	Ian A. Navarette	名古屋大学農学部
2018年3月6日	Byambajav Dalaibuyan、布施正暁、 中島和夫	東京市政会館
2018年3月6日	審査・評価会	航空会館
2018年3月7日	Byambajav Dalaibuyan、坂本 治、 岩瀬博樹、山分保幸	虎ノ門ツインビル
2018年3月7日	池田 肇、大岡 隆、久保田博志	石油天然ガス・金属鉱物資源機構
2018年3月9日	坪井朔太郎	公益財団法人ひょうご震災記念 21世紀研究機構阪神淡路大震災記念 人と防災未来センター
2018年3月12日	竹中千里	名古屋大学農学部
2018年3月16日	Andrew Bone	Responsible Jewellery Council
2018年3月17日	Harriet Kelsall	Bespoke Jewellery

4. 平成 29 年度の進捗状況と成果(詳細)

序 論

本研究では、ASGM の対象となる鉱石および鉱石処理後の尾鉱の鉱物学的な性格を把握する必要がある。すでに、初年度、次年度の研究により、金の産状はある程度明らかになった。しかし、金と同じくエシカルジュエリーの対象となる銀の産状は不明であった。また尾鉱に残留する有害元素についても考察が不十分であった。そこで、鉱石の鉱物学的研究を補足的に実施し、これらの問題について、一定の知見を得た。

次に、モンゴルおよびフィリピンのマテリアルフローモデルを作成した。複数のシナリオを想定し、それぞれにおける水銀削減量を予想した。

同時に、モンゴルおよびフィリピンの現地調査に向けて、現地の学術機関や行政と協力して、計量経済学用の調査票を作成した。モンゴルはモンゴル語、フィリピンはタガログ語で調査し、結果は

エクセルに打ち込んだ。その後、選定したモデルにデータを入力して、水銀削減効果について、検討を行った。以上について、本論で、詳述する。

本 論

(1)金鉱石の鉱物組成及び金の存在形態に関する研究

今年度の鉱物学的研究は補足的な役割であるが、フィリピン産金鉱石の性状を、銀、砒素、鉛に着目して、再検討した。

鉱石は低速カッターで切り出して樹脂に埋め込み、ダイヤモンドペーストによる表面研磨と炭素蒸着ののち、山形大学理学部の波長分散型 EPMA (JEOL JXA-8900)で分析した。使用電圧は 20 kV、電流は 20 nA、で、ビーム径は 3 μm である。標準試料 (使用 X 線) としては、GaAs (As *La*)、Sb₂S₃ (Sb *La*)、CuFeS₂ (Cu *Kα*、Fe *Kα* および S *Kα*)、ZnS (Zn *Kα*)、Ag (Ag *La*)、MnO (Mn *Kα*)、PbS (Pb *Ma*)、Cd (Cd *La*)を使用した。カウント時間は、ピークが 10 秒、バックグラウンドが 5 秒である。得られた信号の定量化には ZAF 補正を利用した。

その結果、鉱石中の自然金は副成分として銀を含む上、さらに、独立鉱物相としてポリバス鉱を随伴する事が判明した。顕微鏡写真を写真 3 に、分析値を表 2 に示す。

As	Zn	Sb	S	Fe	Ag	Cu	Total
0.29	9.27	0.03	14.30	1.31	68.33	8.01	101.54 wt%
0.30	5.82	0.04	34.05	1.79	48.38	9.63	100%

表 2 ポリバス鉱の組成 (上:重量比;下:原子比)

さらに、鉱石中には、鉛の硫化物である方鉛鉱と砒素の硫化物である硫砒鉄鉱がかなり多く含まれる事も確認した。また、黄鉄鉱中に、砒素が微量成分として存在する事も確認した。これらは尾鉱に残留することになるが、ASGM 現場および周辺において、鉛や砒素汚染が観察される事実と整合的である (たとえば、村尾ほか, 2011; Murao et al., 2004; Murao et al., 2011; Murao et al., 2013)。写真 4 に顕微鏡下で観察された一例を、表 3 に黄鉄鉱の分析例を示す。

As	S	Fe	Mn	Pb	Cd	Cu	Total
0.59	53.07	45.99	0.04	0.07	-	-	99.77 wt%
0.32	66.53	33.11	0.03	0.01	-	-	100%

表 3 黄鉄鉱の組成の例 (上:重量比;下:原子比)

(2)エシカルジュエリーの導入に関する研究

鉱業界は変革が著しい上、宝飾業や素材産業との交流も活発である。そこで、アジアにおけるエシカルジュエリーの将来像を検討する参考として、資源と環境を横断的に扱った著作 (Ali, 2009) を読みこみ、翻訳した (アリ, 2018)。この著書からは投資が地元の技術と市場をつなぐ部門になされるべきである事、地域社会の持続性を管理計画の中心に置くべき事を確認した。

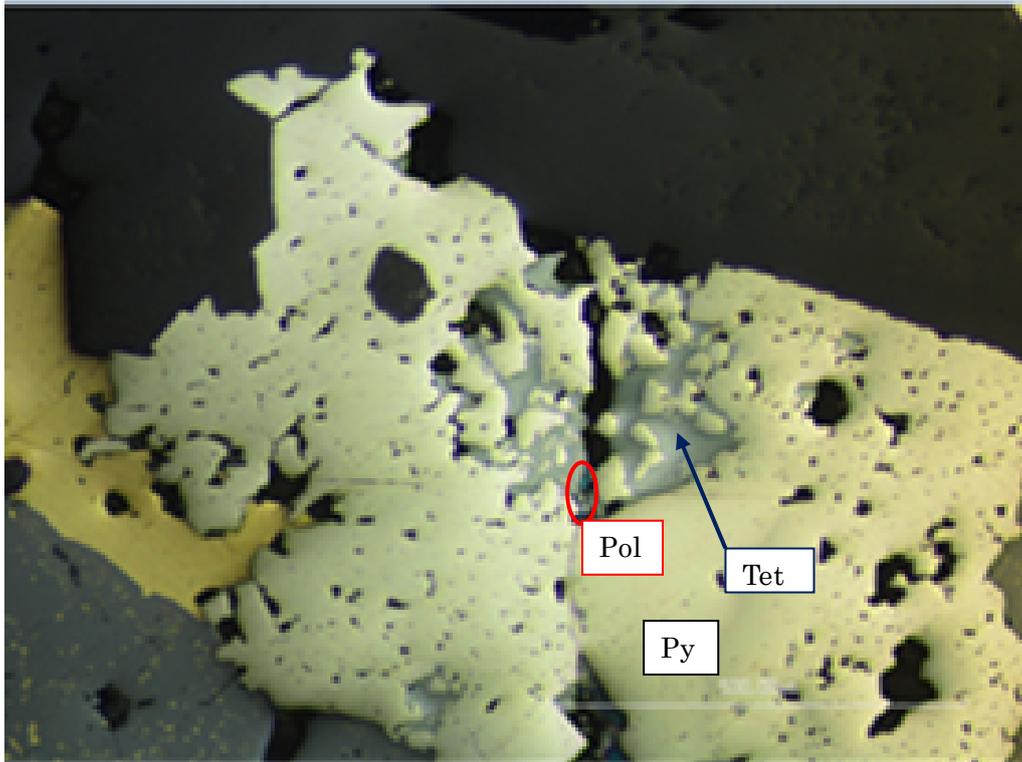


写真3 写真 共生するポリバス鉱(Pol)、硫砒鉄鉱石(Tet)および黄鉄鉱 (Py)。

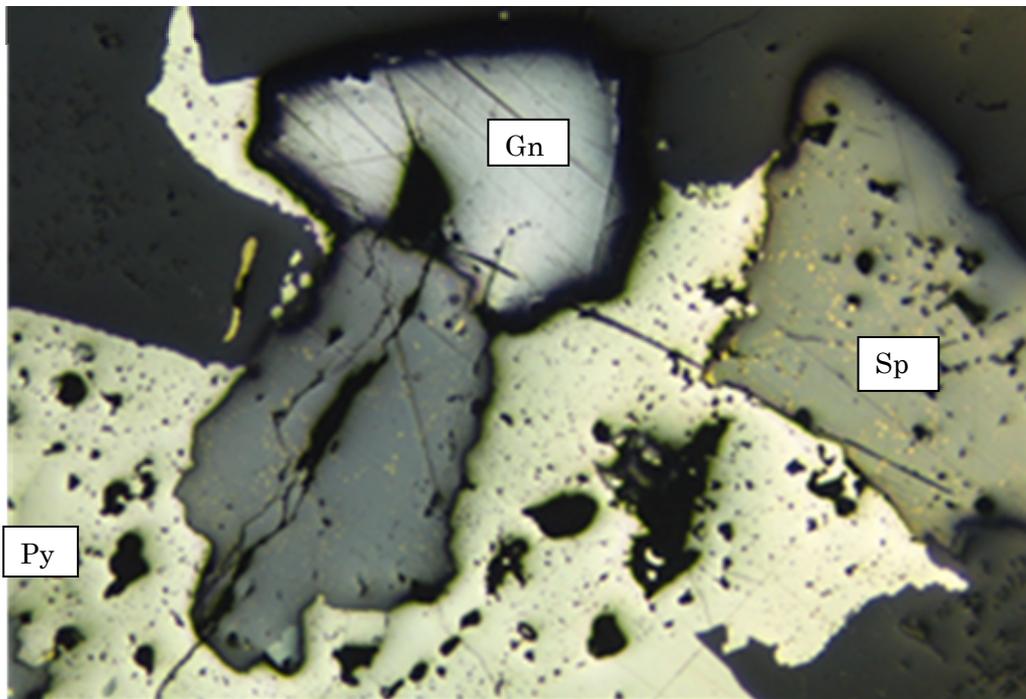


写真4 鉱石中の方鉛鉱及び重金属鉱物。Gn：方鉛鉱；Sp：閃亜鉛鉱；Py：黄鉄鉱。

フィールド調査の準備は、モンゴルおよびフィリピンにおけるこれまでの研究結果を参考にするとともに、地元を繰り返し取材する事で進めた。ASGMの関係者は非協力的なことも多く、場合によ

っては危険も伴うため、両国とも、これまでに培った人脈を生かして人選をし、地元から信頼されている人物に仲介してもらった上で、現地を訪問した。それでも問題は生じ、モンゴルでは、業務の一部を委託したある研究者が身元不明の人物に尾行され、また、警察にパソコンと調査データを没収された（現在、返還を交渉中）。フィリピンでは、経済学担当者が地元の反感を買ったため、派遣者の交代、地元との再交渉、再調査が必要となり、データ取得が大幅に遅れた。

取材は、主にフォーカス・グループ・インタビューで実施し（写真 5, 6）、将来のエシカルなサプライチェーンを意識して、上流側の現場から下流の宝飾関係者まで、幅広く行った。また、環境問題では NGO の力が(良くも悪くも)無視できない事から、これもインタビュー対象に含めた。



写真 5 モンゴルにおける採鉱・製錬関係者との面談



写真 6 フィリピンにおけるジュエリー関係者のフォーカス・グループ・インタビュー

作業関係者の取材に際しては作業現場での役割分担に注意した。一言で「鉱夫」といっても実際には細かく作業を分担している事が多いためである。その結果、たとえば、フィリピンでは、「鉱夫」という言葉には次の職種が含まれる事が判明した。

- ✓ リーダー
- ✓ 破砕担当
- ✓ 機械全般担当
- ✓ 先山（バリナドールと呼ぶ）
- ✓ ボールミル操作
- ✓ 材木担当
- ✓ 発破担当
- ✓ 電気技術・メンテナンス担当
- ✓ 発電機担当
- ✓ コック
- ✓ 守衛
- ✓ 運転手
- ✓ お使い（少年・少女）
- ✓ 取水担当

また、金採掘で得られる収入を分配する際は、立場によって、配分率が異なり、投資家が最も多く、ついでリーダー級である事も判明した。これは、フィリピンの他の場所における先行研究 (Rey-Saturay and Murao, 2014) の結果と整合的である。

フィリピンでは、宝飾関係者や地主、投資家への取材が可能となったが、その結果、金のサプライチェーンが複雑である事が判明した。投資家が金のバイヤーを兼ねている事が多いが、近隣の繁華街にもバイヤーがいる。買い取り価格はバイヤーが個人的な経験に基づいて一方的に決めるため、基準がないが、繁華街に持って行く方が高く売れるとの事である。

興味深いのはフィリピンにおける関係者の二律背反的な心理である。現時点では、水銀を使用した金を買取る事への抵抗感はないが、一方で、水銀使用者の体調不良が地域で顕在化しつつあるため、水銀を使わない金の回収技術に対する期待が大きい。

モンゴルでは「水銀を使って抽出した金はもろく細工しにくい」という宝飾店の苦情があり、土地を汚す事に対する一般人の嫌悪感も強いので (e.g., High and Schlesinger, 2010)、水銀に対する抵抗感はフィリピンよりも強い印象を受ける。エシカルジュエリーへ向けて一部の関係者が動いている事も再確認した (TUM GER, 2018)。

両国で得られた情報については、研究チーム内で共有し、その分析に基づいてポイントを次のように整理し、英語で調査票 (案) を作成した。

- Sample/HH Selection
- Drop Criteria
- Replacement Strategy
- Target Respondent (Who in HH to interview)
- Respondent Consent
- Data Quality Monitoring Systems
- Translated the questionnaire
- Discussed each translation during training as a double-check
- Each and every question was discussed in both languages
- Pilot questionnaire

実際に使用する調査票は、モンゴル用はモンゴル語、フィリピン用はタガログ語で作成した。票には、生活実態、労働条件、生産性やコスト、採掘による収入、水銀使用、健康問題、消費に関する質問を盛り込んだが、モンゴル版とフィリピン版で内容が微妙に異なる。

本研究では調査票を正しく用いてデータを取得しなければならない。そこで、モンゴル、フィリピンとも、次の点に留意しつつ、雇用した調査員を訓練した。

- Questionnaire conventions

- Explanation of specific questions, by module
- Discussion on all definitions and code lists included in the survey
- Timeline for data collection

また、数名の鉱夫に協力を依頼して調査票を、調査員が事前テストし、浮上した問題点の修正を行った。付録 2 及び 3 に調査票の最終版を添付する。

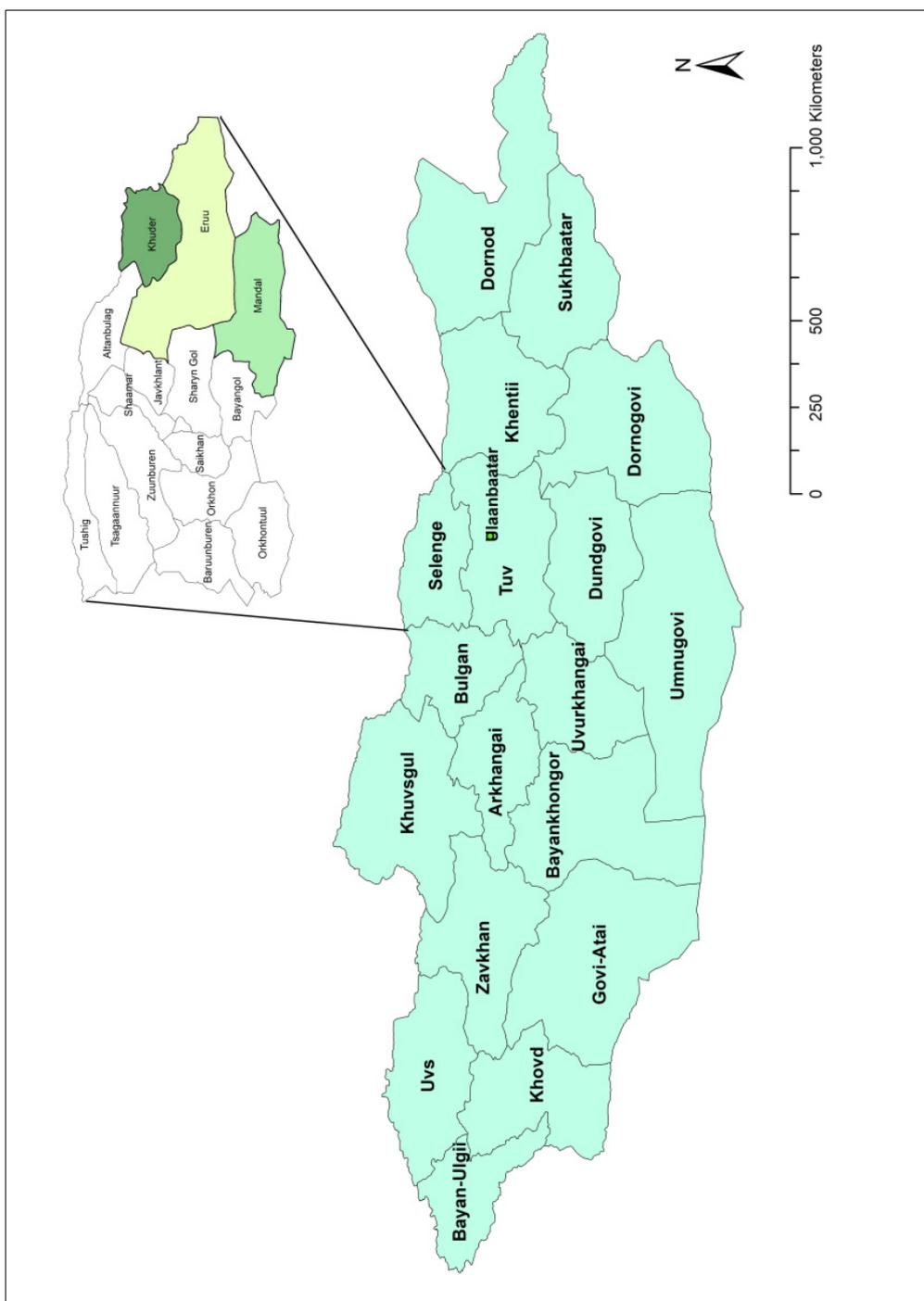


図 5 モンゴルにおける調査地域

子工場)で報告された事例に酷似する (e.g., New England Historical Society, 2016)。

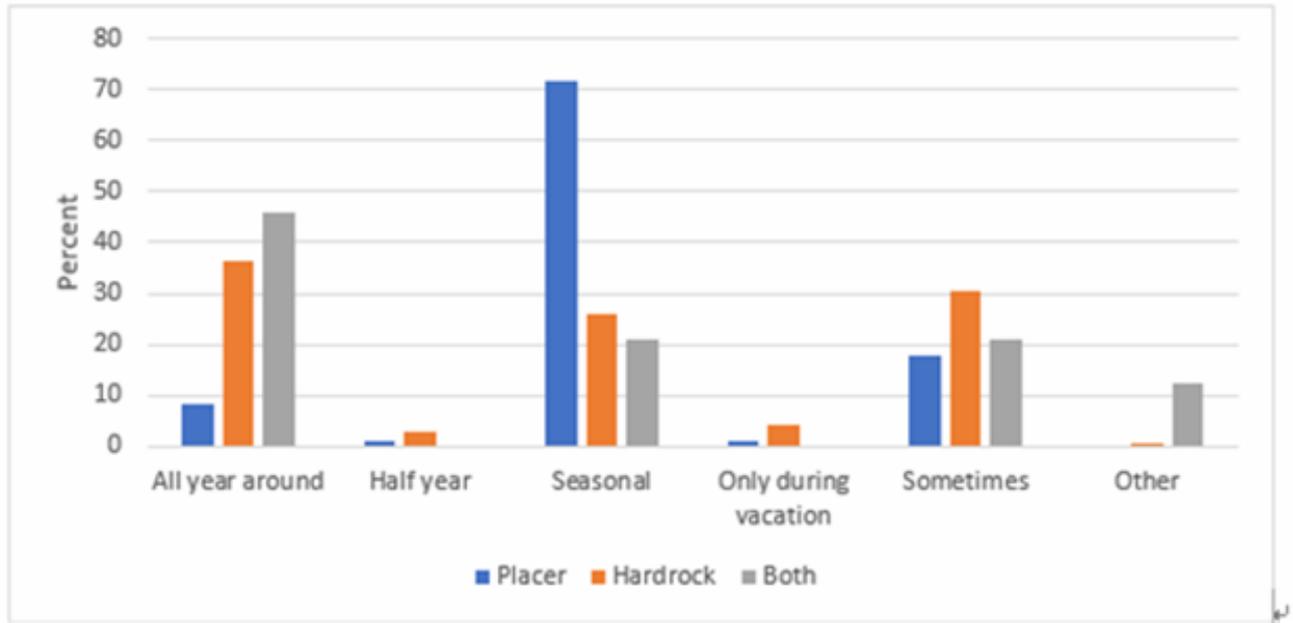


図7 モンゴルの調査地域における山金及び砂金の採掘時期

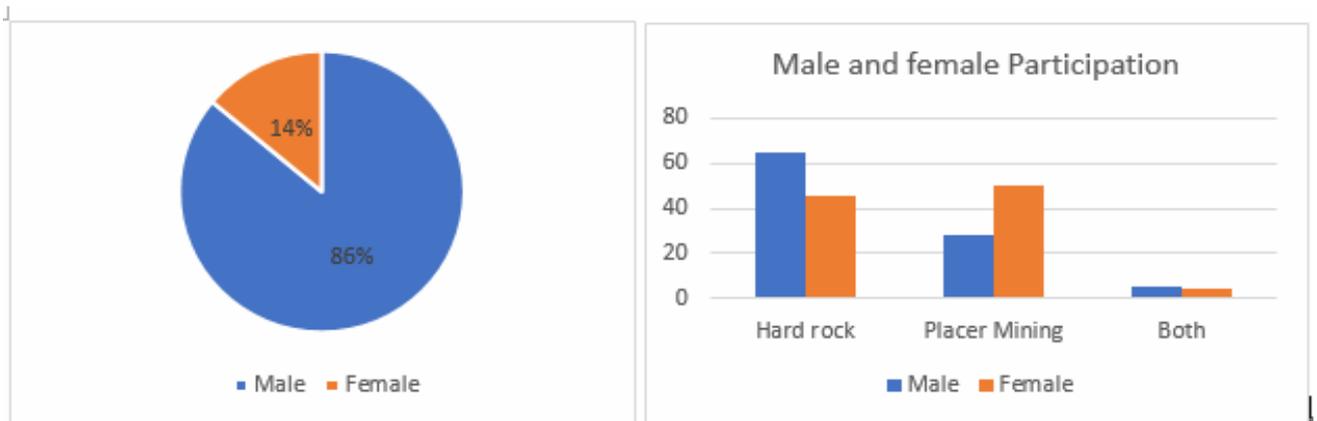


図8 モンゴルの回答者の性別

エヌメレータが手書きで記入した調査票 (図 12 に実例を示す)は研究室に持ち帰りエクセルに入力した。検討のために選定した変数は表 7 に示す通りである。以下には、水銀を使用するマンダル村と使用しないフダー村のデータを中心に、予察的な解析結果を記述する (表 8)。

- Miners with placer mining practices seem to maximize their revenue and profitability by choosing the available inputs at prevailing process. For instance, Placer mining practices increase the profitability almost twice as of hard rock. Those miners who opt hard rock methods experienced negative profit margins on average. Those who use both hard rock and placer mining methods combined were able to reduce their cost significantly.

- There also significant gender differentials both in terms of cost and profitability. For instance, male earn twice as of the earnings of their female counter part. It appears that female miners were not maximizing the revenues from mining operations. Part of the reasons may that they are confined to specific jobs (e.g., cooking). A better training and education program may be helpful to enhance their entrepreneur skills.
- The decomposition of revenues, cost and profitability between Mandal (mercury use) and Khuder (mercury-free) areas shows that miners in mercury free areas maximize their profitability. Looking at revenue and cost structure of both areas, there are significant differences in the estimates. For instance, the average cost per operation in Khuder was much lower than that of Mandal (i.e., approximately one fourth). This are merely monetary cost estimates and social and environmental cost could be much higher than that.
- Miner who used mill facilities for ore processing increase their profitability considerably. Results show that miners with ore processing at mill facility had more than double profitability as compared to those who milled the ore themselves. This indicates that processing at mills can fetch more financial as gains. Moreover, the availability of milling mercury free milling facilities would improve miners' wellbeing through improved health and safety measures. This has been proven in some areas of Mandal soum where miners took their ore to the mill facility for processing and gold extraction. This facility is mercury free and being operated by local government and NGO. However, the mill has very limited capacity to process ore for gold extraction. Only 30 sacks can be processed within 24 hours shift. An expansion of milling capacity through the establishment of new mills would be helpful to increase mercury free gold production. A public private partnership can help to build the infrastructure for environmental friendly production

	2000	2005	2010	2015
Total registered population	23964	22937	25009	26671
Number of herders	1176	1546	938	891
Number of livestock	87396	66033	141098	113610
Agricultural land (Ha)	4437	2313	6976	5449
Registered crime cases	296	268	288	217
Industrial output (mill MNT)	11801.9	33094.6	22149.8	74504.8
Local government budget income (mill MNT)	651.1	111.6	1156.4	591.1
Local government budget expenditure (mill MNT)	1012.2	161.7	1359.1	1622.5
Data source: Statistical Department of Selenge aimag. 2017.				

表4 マンダル村の構成 (MNT:モンゴルトグルク)

	2000	2005	2010	2015
Total registered population	1799	1907	2119	2364
Number of herders	97	160	214	172
Number of livestock	8813	14339	25024	29172
Agricultural land (Ha)	1867	2879	5271	5449
Registered crime cases	34	10	4	22
Industrial output (mill MNT)	108.7	0	115.8	180.7
Local government budget income (mill MNT)	54	32.3	32.4	761
Local government budget expenditure (mill MNT)	185.6	60.7	162.9	822
Data source: Data source: Statistical Department of Selenge aimag. 2018.				

表 5 フダー村の構成

	2000	2005	2010	2015
Total registered population	6077	5209	6374	6509
Number of herders	98	492	421	426
Number of livestock	25988	40803	62571	67727
Agricultural land (Ha)	5284	6828	10889	12306
Registered crime cases	42	41	36	36
Industrial output (mill MNT)	4865	42.6	124115	233745
Local government budget income (mill MNT)	199.2	85.2	236.2	434.4
Local government budget expenditure (mill MNT)	260	93.5	293.3	831.6
Data source: Data source: Statistical Department of Selenge aimag. 2018.				

表 6 エルウ村の構成

収入に関する回帰分析からは次のように推論された（表 9）。

- Mercury free areas drive ASGM sector profitability significantly. For instance, the dummy variable for mining area suggest that Mandal's (mercury use area) profitability was 1.67 times less than that of Khuder (mercury free) soum.
- We also note that miners using placer method (i.e., without mercury) experience higher profitability. The estimates show that profitability with placer mining was twice as of hard rock mining. This another indicative of mercury free mining activities. Our descriptive statistics show that most of the placer mining activities are present in Khuder area. The results of dummy variable for placer vis-à-vis

hard rock also show higher impact on earning, which support our findings that mercury free mining improve the productivity and profitability substantially.

- The estimates of dummy variable for decision making also indicate that the decision making in mining activities have positive impact of financial returns. The coefficient estimate of decision making dummy variables turns out positive (i.e., 0.44).
- Similarly, gender participation in mining activities results in obvious differentials in earnings. A statistically significant positive dummy variable of gender indicate that male miners have almost four time higher earnings than female manners.
- Results also indicate that education have a positive role in increasing the mining profitability. Miners having secondary education were able to generate more profit as compared to their peer group.

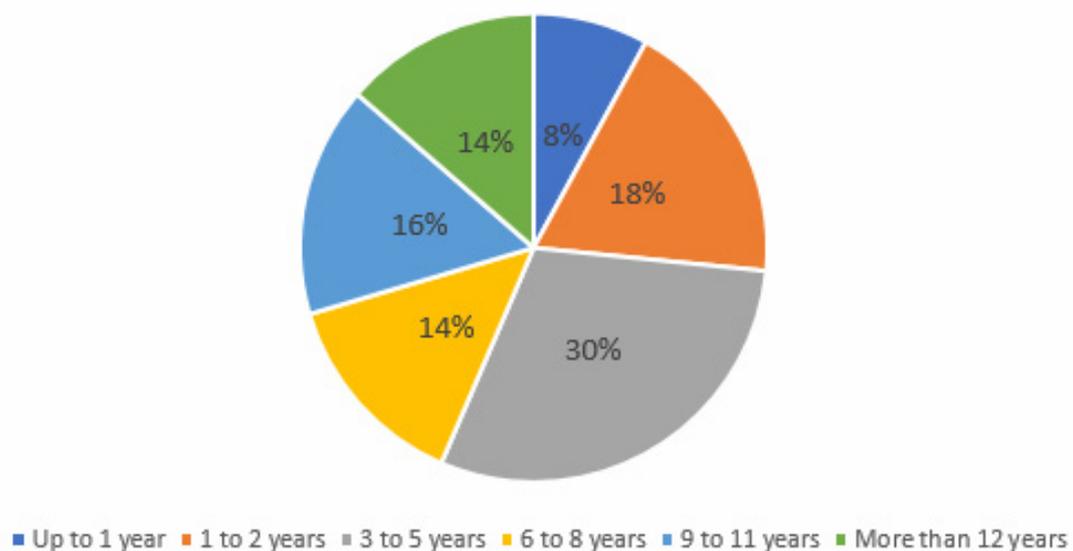


図 9 ASGM に対する従事年数

Variable	Sampl e Size	Mean	Std. Dev.	Min	M ax
Profitability	68	4.222279	5.536656	0.962778	25.25
Mining Area	301	0.694352	0.461448	0	1
Gender (P8)	301	0.860465	0.347081	0	1
Decision Maker (a3)	272	1.316176	0.46584	1	2
Other Work (b2)	295	0.413559	0.493308	0	1
Education (a5)	293	3.341297	0.75369	1	5
Minign type (p5)	299	1.431438	0.60018	1	3
Environemnt Management (h21)	285	0.954386	0.209014	0	1
Mercury Free Methods (d13)	288	0.972222	0.164622	0	1

表 7 検討のために使用した変数

	Revenue (Tugrik)	Cost (Tugrik)	Profitability (Ratio)
Hard Rock	240633.6	66746.0	2.7
Placer mining	319370.8	51621.1	5.0
Both	240192.3	11764.7	9.8

Male	269806.1	127467.6	4.6
Female	241223.0	99285.5	2.8

Own Processing	296860.6	347237.2	5.1
Trader	266731.5	204875.0	12.5
Other	250822.8	-395000.0	0.9

Mandal- Mercury Area	246223.0	409080.7	3.0
Khuder -Mercury Free Area	307526.2	108977.8	5.0

表 8 コストと利益率

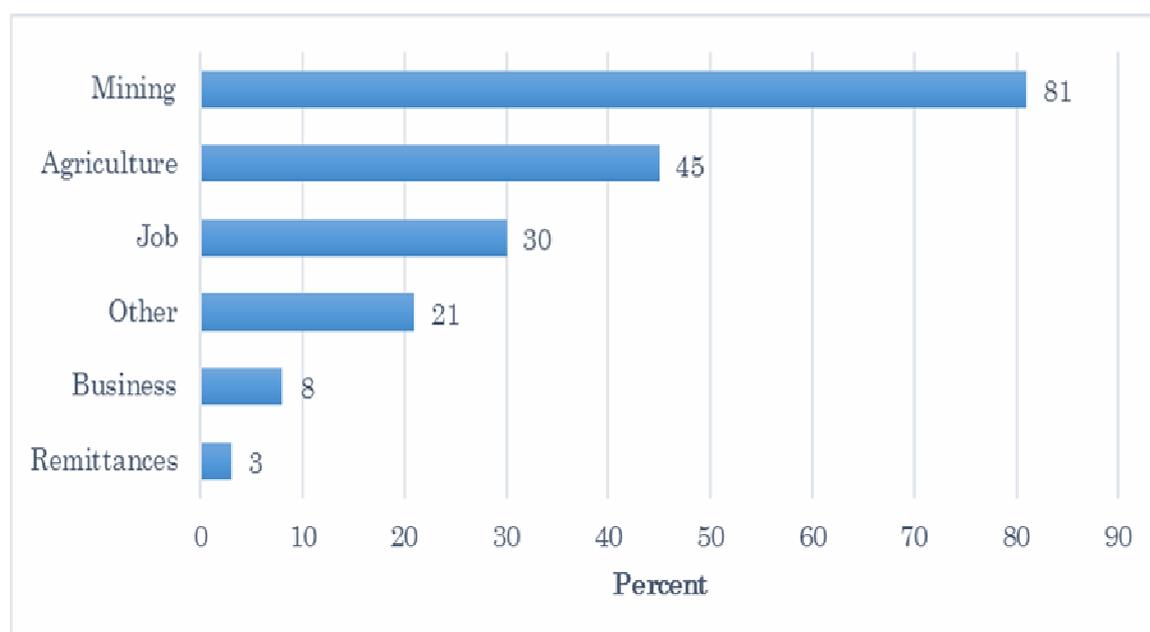


図 10 回答者の主な収入源

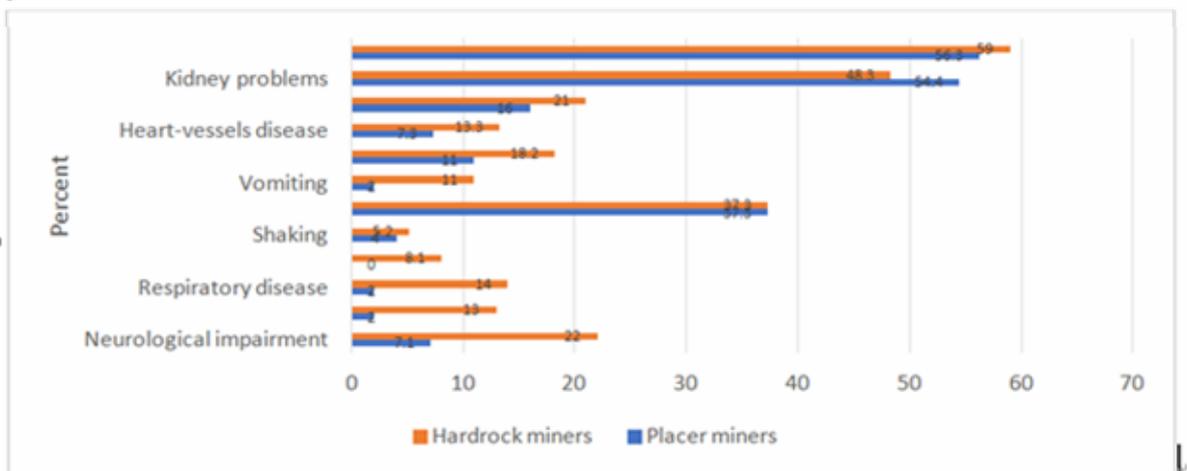


図 11 無機水銀に起因する可能性がある症状

Section E2: Revenue / Income from Gold Mining									
	Yunit	Dami	Presyo	Halaga (Pesos)					
E21	Gasano kadamang salada ang nakuhang mungo nakalipas na isang buwan?	3.10	5.0						
E22	Gasano kadamang gitno ang nakuhang mungo sa nakalipas na isang buwan?	6.40	10.0						
E23	Magkano ang nakuhang mungo parte sa nakalipas na isang buwan?			3,000					
E24	Magkano ang nakuhang mungo sa pagkakatapos/kororasyon sa nakalipas na isang buwan?			2,000					
E25	Magkakuipaw ka ba? 1=Oo 2=Hindi								
E26	Kung oo, magkano ang pinakulapaw mo?								
E27	Magkano ang labuwing halaga ng gitno na makalabas nitong nakaraang isang buwan?	10,000							

Section F1: Cost Estimation (Ilagay Kung Ilang Araw Sa Loob Ng Apat Na Linggo Ginagamit Ang Mga Kagamitan)									
Code	ITEM	Tagal ng Scribiyo/Gamit (Bilang ng Taon)		ORAS NG OPERASYON SA ISANG BULWAN	PRESYO BAWAT ISA	KALANGANG DAMI	KABUWANG HALAGA BAWAT BULWAN		
		Buwan	Taon						
F11	Pabrick	1	1	30	400	1	400		
F12	Kahon	1	1	30	1000	2	2000		
F13	Pala	1	1	30	300	4	1200		
F14	Talpo	1	1	30	50	5	150		
F15	Parangina	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
F16	Murdony cloth	1	1	30	15000	1	15000		
F17	Compressor machine	1	1	30	5000	1	5000		
F18	Blower	1	1	30	5000	5	25000		
F19	Hose	1	1	30	NA	NA	NA		
F110	Kahon (compressor mining)	1	1	30	15000	1	15000		
F111	Timber	1	1	30	NA	NA	NA		
F112	Sako	1	1	30	10000	1	10000		
F113	Container	1	1	30	12	100	12000		
F114	Mikrusal blower (Pasyalo na de padpak)	1	1	30	300	10	3000		
F115	Auxiliary blowtorch	1	1	30	1000	1	1000		
F116	Garapad	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
F117	Tugger hoist	1	1	30	30000	2	60000		
F118	Water pump	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
F119	Submersible water pump	1	1	30	25000	6	150000		
F120	Hose para sa surtyete	1	1	30	NA	NA	NA		

図 12 データを記入した調査票の例

Model summary

Likelihood:

profitability ~ regress(xb_profitability,{sigma2})

Priors:

{profitability:hhsz area p8 a3 i.a5 p5 _cons} ~ normal(0,10000) (1)
 {sigma2} ~ igamma(.01,.01)

(1) Parameters are elements of the linear form xb_profitability.

Bayesian linear regression	MCMC iterations =	12,500
Random-walk Metropolis-Hastings sampling	Burn-in =	2,500
	MCMC sample size =	10,000
	Number of obs =	62
	Acceptance rate =	.3142
	Efficiency: min =	.004099
	avg =	.02579
	max =	.1275

Log marginal likelihood = -231.46116

	Mean	Std. Dev.	MCSE	Median	Equal-tailed [95% Cred. Interval]	
profitability						
hhsz	.8552112	.4071639	.032403	.8733908	-.0014478	1.679957
area	.123435	2.527151	.394725	.3025328	-5.098101	4.604395
p8	3.975149	2.378088	.192675	4.017819	-.536467	8.801321
a3	.4459813	2.129206	.111328	.495575	-3.67571	4.618096
a5						
Primary	-.2237838	5.111264	.37957	-.3261162	-10.22559	9.844353
Secondary	2.563717	3.151781	.253382	2.605657	-3.597239	8.844575
Professional	-1.914071	5.577774	.65552	-1.902795	-11.61902	8.854295
Higher	(omitted)					
p5	3.398459	2.302631	.34706	3.458689	-1.225395	7.561532
_cons	-10.39732	7.440198	.642666	-10.45098	-24.5042	4.882809
sigma2	30.81142	5.921432	.165809	30.08408	21.31843	44.48555

Note: Default priors are used for model parameters.
 Note: There is a high autocorrelation after 500 lags.

表9 収益性の決定要因解析結果

- Again results indicate that women were more inclined to participate in these initiatives. Women capacity building could help to mitigate environmental health issues and create a safe environment for the population living in these areas.
- Independent decision makers seem less likely to participate in environmental mitigation strategies. Likewise, people engaged in other business do not appear eager to participate in such activities. Awareness program may be designed to attract non-miners to play their role in management of safe and clean environment for everyone living in the area.

Model summary

Likelihood:

h21 ~ logit(xb_h21)

Prior:

{h21:profitability hysize p8 a3 b2 area _cons} ~ normal(0,10000) (1)

(1) Parameters are elements of the linear form xb_h21.

Bayesian logistic regression	MCMC iterations =	12,500
Random-walk Metropolis-Hastings sampling	Burn-in =	2,500
	MCMC sample size =	10,000
	Number of obs =	60
	Acceptance rate =	.2772
	Efficiency: min =	.003436
	avg =	.0139
	max =	.04943
Log marginal likelihood =		-51.775395

h21	Mean	Std. Dev.	MCSE	Median	Equal-tailed [95% Cred. Interval]	
profitability	.2815619	.2217899	.009976	.250942	-.0527701	.8032802
hysize	.6067894	.3776438	.042386	.5912371	-.0855117	1.386025
p8	.7539522	1.65155	.281742	.5933981	-2.231088	4.424041
a3	-.1726651	1.338971	.116441	-.2035216	-2.91136	2.543754
b2	-.2332957	1.382679	.192973	-.0883057	-3.623934	2.068335
area	1.063409	1.747956	.155195	1.001625	-2.229476	4.612592
_cons	-.5947561	3.5374	.47832	-.4963833	-7.342674	6.666216

Note: Default priors are used for model parameters.

Note: There is a high autocorrelation after 500 lags.

表 11 環境に対する意識の分析結果

(4) 人力小規模採掘で使われる水銀の流通に関する研究

水銀のマテリアルフロー分析（MFA : Material Flow Analysis）は、産業間を移動する水銀フローに加えて、海外との輸出入フローおよび環境排出フローを定量的に把握したものである。本研究で定義した水銀の MFA のシステム境界を図 13 に示す。

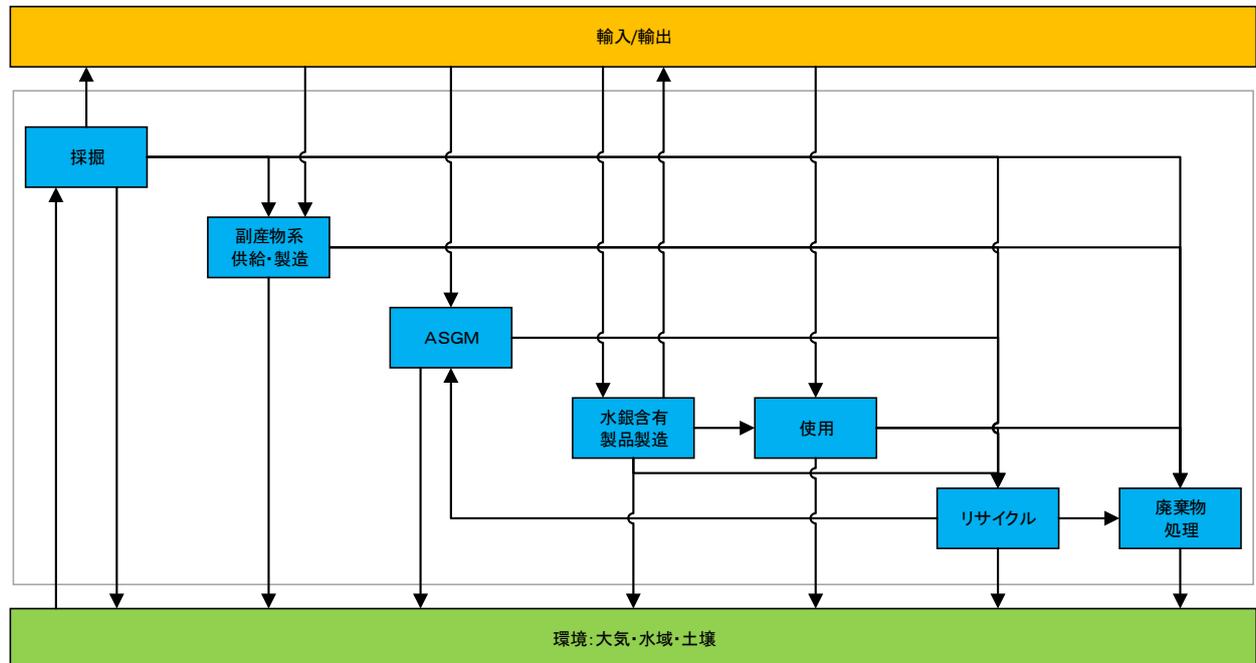


図 13 水銀の MFA のシステム境界

本システム境界の特長は、水銀のマテリアルフローにおいて、副産物系、ASGM 系、水銀含有製品系フローを識別した点にある。副産物に関わる水銀のマテリアルフローは、石炭、石油、鉄鉱石、鉛鉱石、銅鉱石、石灰石、セメント、紙・パルプなどの燃料や原材料に意図せずに混入した水銀のライフサイクルに注目する。ASGM に関わる水銀のマテリアルフローは使われる水銀のライフサイクルに注目する。水銀含有製品に関わる水銀のマテリアルフローは、ボタン型電池、気圧計、温度計、体温計、スイッチ、ランプ、歯科用アマルガムなどの製品に意図的に使われる水銀のライフサイクルに注目する。また、使用と廃棄物処理では、図中では明示していないが、物質収支をとるためのストック調整と埋立への投入・産出が考慮されている。

本 MFA のライフステージと対応する産業と製品を表 12 に示す。本 MFA は、7 ライフステージに対して、31 産業を対象とする。なお、ASGM における考察では、水銀を多量に消費する”whole ore amalgamation (WA)”と重金属の事前濃縮により使用量を減らす ”pre-concentration amalgamation (CA)” を識別する。

本 MFA では各ライフステージの投入フローと産出フローの推定が必要となる。その際に、当該ステージにおける投入フローの総和と産出フローの総和が一致する物質収支（マテリアルバランス）が大前提となる。また、未知なる投入フローもしくは産出フローが存在する場合は、物質収支の考え

方を利用して未知フローを推定する。フィリピン、モンゴルを対象にした水銀のマテリアルフロー分析におけるフロー推定法の詳細を以下で説明する。2001年から2011年を対象とする。

ライフステージ	産業	製品	備考
採掘	鉄採掘	鉄鉱石	
	銅採掘	銅鉱石	
	鉛採掘	鉛鉱石	
	石炭採掘	石炭	
	原油採掘	石油	
	地熱回収	地熱	
	天然ガス採掘	天然ガス	
	石灰石採掘	石灰石	
	森林伐採	パルプ・紙製造原料	
	副産物系供給・製造	鉄製錬	鉄
銅製錬		銅	
鉛製錬		鉛	
石炭火力発電		電力	
石油火力発電		電力	
地熱発電		電力	
天然ガスボイラー		熱	
セメント製造		セメント	
パルプ・紙製造		パルプ・紙	
ASGM	Whole ore amalgamation (WA)	金	水銀を選鉱前から使用
	Concentrate amalgamation (CA)	金	水銀を選鉱後から使用
水銀含有製品製造	サーモスタット製造	サーモスタット	
	圧力計製造	圧力計	
	温度計製造	温度計	
	計測機器製造	計測機器	
	分光計製造	分光計	
	電球製造	電球	
	電池製造	電池	
	無機薬品製造	無機薬品	
歯科用アマルガム製造	歯科用アマルガム		
使用			
リサイクル	水銀リサイクル	水銀	
廃棄物処理	埋立		

表 12 MFA のライフステージと対応する産業および製品

まず、副産物に関わる水銀マテリアルフロー推定法について説明する。本マテリアルフローのシステム境界を図 14 に示す。図には、採掘、副産物系供給・製造、ASGM、使用、リサイクル、廃棄物処理が対象となるライフステージが示されている。各ステージの投入フローと産出フローの推定式は以下のように整理できる。

採掘への投入フロー推定式

$$DM_{it} = MO_{it} + MB_{it} + ME_{it}$$

ここで、 i は製品、 t は年、 DM は環境（国内鉱山）から採掘へのフロー、 MO は採掘から海外へのフロー、 MB は採掘からの副産物系供給・製造へのフロー、 ME は採掘から環境へのフローである。

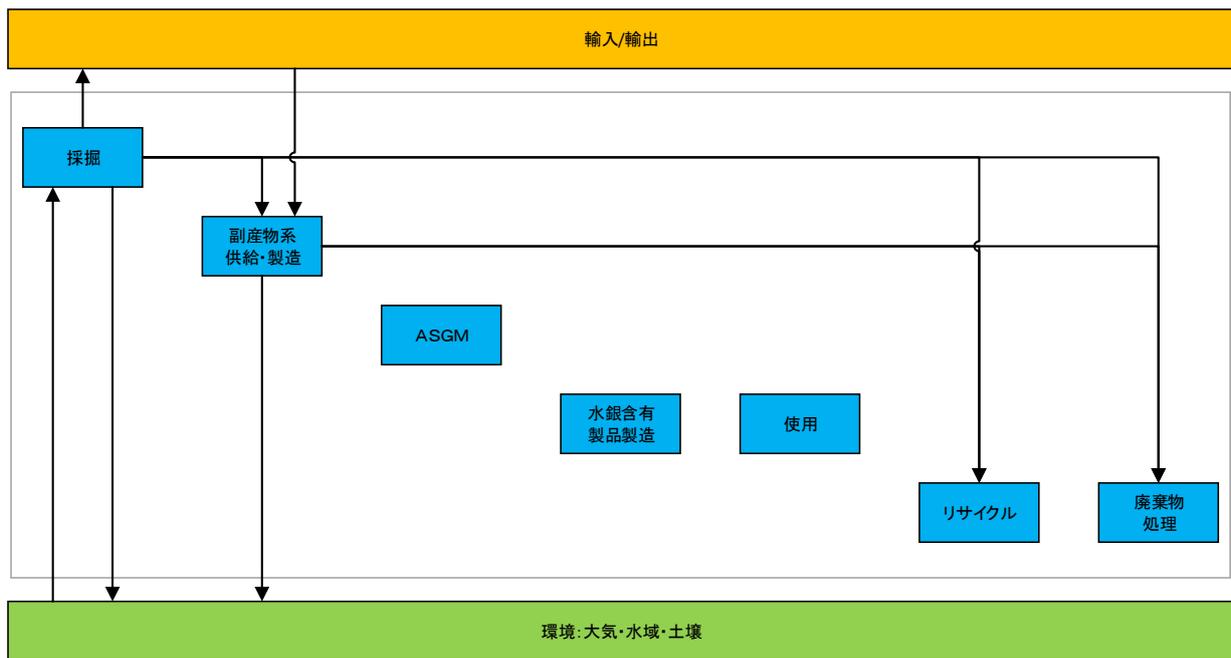


図 14 副産物に関わる水銀のマテリアルフローのシステム境界

採掘からの産出フロー推定式

$$MO_{it} = c_i \times MOE_{it}$$

$$OB_{it} = c_i \times BP_{it} - OB_{it}$$

$$BR_{it} = br_i \times c_i \times BP_{it}$$

$$BW_{it} = bw_i \times c_i \times BP_{it}$$

$$BE_{ijt} = be_{ij} \times c_i \times BP_{it}$$

ここで、 j は環境媒体、 c は当該製品の水銀組成、 MOE は採掘からの当該製品輸出量、 BP は当該製品製造量である。 br 、 bw 、 be はリサイクル、廃棄物処理、環境への移行係数である。

続いて、ASGMに関わる水銀のマテリアルフローの推定法について説明する。本マテリアルフローのシステム境界を図 15 に示す。図より、ASGM、リサイクルが対象となるライフステージであり、各ステージの投入フローと産出フローの推定式を以下に整理する。ただし、リサイクルからの水銀リサイクル量は、物質収支則に基づく、副産物系、水銀含有製品系のマテリアルフローの推定結果が活用される。

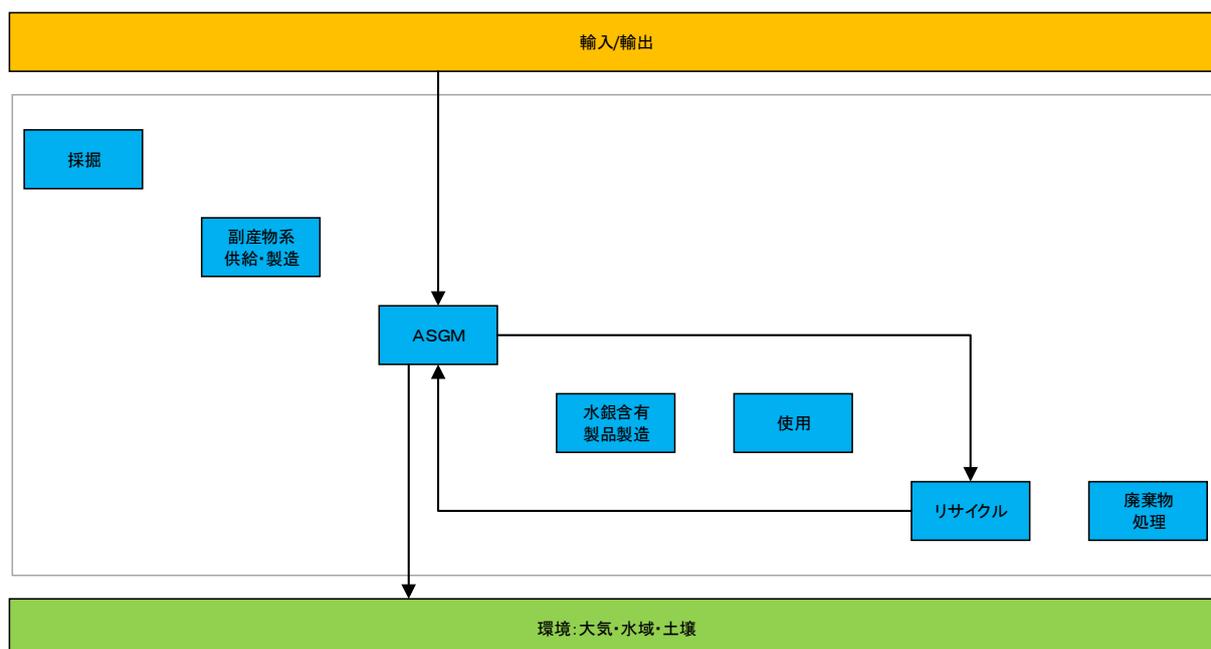


図 15 ASGM に関わる水銀のマテリアルフローのシステム境界

ASGM への投入フロー推定式

$$OA_{kt} = m_k \times AP_{kt} - RA_{kt}$$

$$RA_{kt} = r_k \times \sum_i (BR_{it} + AR_{it} + UR_{it})$$

ここで、 k は ASGM における水銀の使用方法 (whole ore amalgamation、pre-concentration amalgamation)、 OA は海外から ASGM へのフロー、 AP は金回収量、 RA はリサイクルから ASGM へのフロー、 BR は副産物系供給製造からリサイクルへのフロー、 AR は ASGM からリサイクルへのフロー、 UR は使用からリサイクルへのフローである。 m 、 r は ASGM の水銀投入量、リサイクルの水銀回収量である。本研究では、ASGM への密輸等による不適切な水銀輸入 OAX を次式より推定することができる。

$$OAX_{kt} = \sum_i c_i \times OAI_{it} - OA_{kt}$$

ASGM からの産出フロー推定式

$$AR_{kt} = ar_k \times m_k \times AP_{kt}$$

$$AE_{jkt} = ae_{jk} \times m_k \times AP_{kt}$$

ここで、 AE は ASGM から環境へのフローである。 ar 、 ae は ASGM からリサイクル、環境へ

の移行係数である。

水銀含有製品に関わる水銀のマテリアルフローの推定法について説明する。本マテリアルフローのシステム境界を図 16 に示す。図より、水銀含有製品製造、使用、リサイクル、廃棄物処理が対象となるライフステージであり、各ステージの投入フローと産出フローの推定式を以下に整理する。

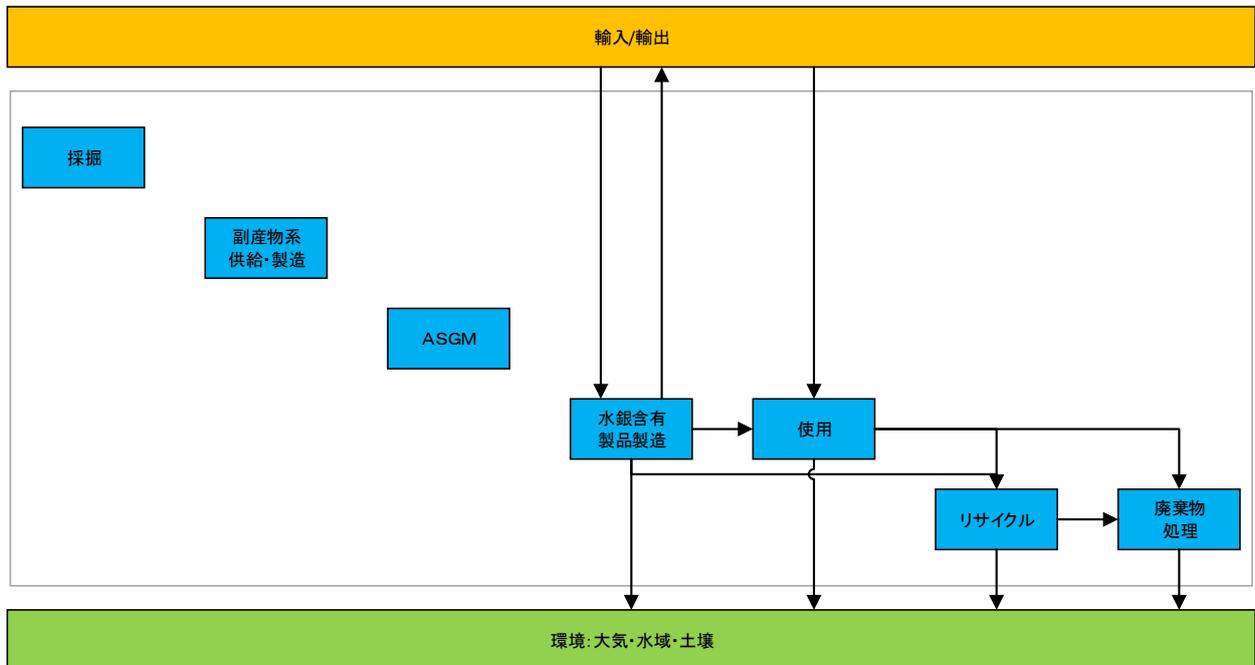


図 16 水銀含有製品に関わる水銀のマテリアルフローのシステム境界

水銀含有製品製造への投入フロー推定式

$$OM_{it} = c_i \times OMI_{it}$$

ここで、 OM は海外から水銀含有製品製造へのフロー、 OMI は水銀含有製品製造への原材料輸入量である。

水銀含有製造からの産出フロー推定式

$$MO_{it} = c_i \times MOE_{it}$$

$$MU_{it} = mu_i \times (OM_{it} - MO_{it})$$

$$ME_{it} = me_{ij} \times (OM_{it} - MO_{it})$$

ここで、 MO は水銀含有製品製造から海外へのフロー、 MOE は水銀含有製品輸出量である。 mu 、 me は水銀含有製品製造からの使用、環境への移行係数である。

使用への投入フロー推定式

$$OU_{it} = c_i \times OUI_{it}$$

$$MU_{it} = mu_i \times (OM_{it} - MO_{it})$$

ここで、 OU は海外から使用へのフロー、 OUI は使用への当該製品の輸入量である。

使用からの産出フロー推定式

$$UR_{it} = ur_i \times (OU_{i(t-L_i)} + MU_{i(t-L_i)})$$

$$UW_{it} = uw_i \times (OU_{i(t-L_i)} + MU_{i(t-L_i)})$$

$$UE_{it} = ue_{ij} \times (OU_{i(t-L_i)} + MU_{i(t-L_i)})$$

$$SA_{it} = UR_{it} + UW_{it} + UE_{it} - OU_{it} - MU_{it}$$

ここで、 UR は使用からリサイクルへのフロー、 UW は使用から廃棄物処理へのフロー、 UE は使用から環境へのフローである。 SA は使用の投入と産出フローを調整するストック調整項である。 L は製品寿命である。 ur 、 uw 、 ue は使用からリサイクル、廃棄物処理、環境への移行係数である。

リサイクルへの投入フロー推定式

$$BR_{it} = br_i \times c_i \times BR_{it}$$

$$AR_{it} = ar_k \times m_k \times AR_{it}$$

$$UR_{it} = ur_i \times (OU_{i(t-L_i)} + MU_{i(t-L_i)})$$

リサイクルへの投入フローは、前工程である使用以外にも、副産物系製造・供給、ASGM からの投入フローである UR 、 BR 、 AR が挙げられる。それぞれの投入フローは、前述の使用、副産物系製造・供給、ASGM の産出フロー推定式で与えられる。

リサイクルからの産出フロー推定式

$$RW_t = rw \times \sum_k \sum_i (BR_{it} + AR_{it} + UR_{it})$$

$$RE_{jt} = re_j \times \sum_k \sum_i (BR_{it} + AR_{it} + UR_{it})$$

ここで、 RW はリサイクルから廃棄物処理へのフロー、 RE はリサイクルから環境へのフローである。 rw 、 re はリサイクルから廃棄物処理、環境への移行係数である。

廃棄物処理への投入フロー推定式

$$BW_{it} = bw_i \times e_i \times BR_{it}$$

$$UW_{it} = uw_i \times (OU_{i(t-L_i)} + MU_{i(t-L_i)})$$

$$RW_t = rw \times \sum_k \sum_i (BR_{it} + AR_{it} + UR_{it})$$

廃棄物処理への投入フローは、前工程であるリサイクル以外にも、副産物系製造・供給、使用からの投入フローである RW 、 BW 、 UW が挙げられる。それぞれの投入フローは、前述のリサイクル、副産物系製造・供給、使用の産出フロー推定式で与えられる。

廃棄物処理からの産出フロー推定式

$$WL_t = wl \times \sum_i (BW_{it} + UW_{it}) + wl \times RW_t$$

$$WE_{jt} = we_j \times \sum_i (BW_{it} + UW_{it}) + we_j \times RW_t$$

ここで、 WL は廃棄物処理の埋立量、 WE は廃棄物処理から環境へのフローである。 wl 、 we は廃棄物処理からの埋立、環境への移行係数である。

以上で説明した水銀のマテリアルフロー推定式で使われる製品中水銀含有量データ(Peralta, G. L. and Elvira Pausing, E., 2008)、対象製品の対応する貿易統計品目分類、製品別移行係数データ(Peralta, G. L. and Elvira Pausing, E., 2008; UN Comtrade; UNEP Inventory Toolkit)について、表 12~14 に整理する。

表 13 の製品中水銀含有量データは、国連環境計画で開発した水銀排出インベントリツールキットの Input Factor に対応する。Input Factor は、最小値と最大値が与えられている。ここでは、途上国であるフィリピン、モンゴルの実情を勘案して、最大値の方が採用されている。本研究の注目する ASGM の運営方式別の水銀投入量、リサイクルの水銀回収量はエクアドルを対象にした最新の研究成果値(Velasquez-Lopez, P. C., Veiga, M. M. and Hall K., 2010)を用いた。

表 14 の貿易統計品目分類に対応する 2006 年のフィリピンにおける製品別輸出入量を国連貿易統計サービス (UN Comtrade) から入手した。ただし、貿易統計の品目分類において、全ての対象製品を識別することが出来なかった。このため、今回の製品別輸出入量に関わる水銀フローは過小推

定の可能性がある。

表 15 の製品別移行係数データについては、国連環境計画で開発した水銀排出インベントリツールキットの Distribution Factor に対応する。Distribution Factor は国によって異なることが予想される。そこで、一部製品に関しては比較的産業構造、廃棄物処理リサイクル体制に近いマレーシアの研究 (Habuer, Naoko Yoshimoto, Masaki Takaoka, Takashi Fujimori, Kazuyuki Oshita, Nobumitsu Sakai, Sharifah Aishah Syed Abd Kdir, 2016) で使用された Distribution Factor を使用した。

ライフステージ	製品	製品中水銀含有量	単位
採掘	鉄鉱石	15	g/t
	銅鉱石	15	g/t
	鉛鉱石	0.716	g/t
	石炭	0.5	g/t
	石油	100	mg/t
	地熱	200	μ g/Nm ³
	天然ガス	4	g/MWh
	石灰石	0.055	g/t
	パルプ・紙製造原料	0.0195	g/t
副産物系供給・製造	鉄	-	-
	銅	-	-
	鉛	-	-
	電力	-	-
	電力	-	-
	電力	-	-
	熱	-	-
	セメント	0.1	g/t
	パルプ・紙	-	-
ASGM	金	-	-
	金	-	-
水銀含有製品製造	サーモスタット	6	g/製品
	圧力計	600	g/製品
	温度計	1.5	g/製品
	計測機器	20	g/製品
	分光計	20	g/製品
	電球	40	g/人
	電池	1.6	g/製品
	無機薬品	400	g/t
	歯科用アマルガム	0.67	kg/kg
使用		-	-
リサイクル	水銀	-	-
廃棄物処理		-	-

表 13 本 MFA で使用した製品中水銀含有量データ

ライフステージ	製品	貿易統計品目分類(HSコード)
採掘	鉄鉱石	2601
	銅鉱石	2603
	鉛鉱石	2607
	石炭	2701 2702 2703 2700
	石油	2709, 2710
	地熱	-
	天然ガス	2711
	石灰石	252100
	パルプ・紙製造原料	-
	副産物系供給・製造	鉄
銅		-
鉛		-
電力		-
電力		-
電力		-
熱		-
セメント		252310
パルプ・紙		-
ASGM		金
	金	-
水銀含有製品製造	サーモスタット	903210
	圧力計	902620
	温度計	902511 902580
	計測機器	902750
	分光計	902730
	電球	853932
	電池	85610 850630 850640 850660
	無機薬品	284390
	歯科用アマルガム	284390
	使用	-
リサイクル	水銀	-
廃棄物処理	-	

表 14 本 MFA で使用した対象製品に対応する貿易統計品目分類

ライフステージ	製品	製品	リサイクル	廃棄物処理	環境: 大気	環境: 土壌	環境: 水域
採掘	鉄鉱石	0.225	0.225	0.225	0.1	0.225	0
	銅鉱石	0.225	0.225	0.225	0.1	0.225	0
	鉛鉱石	0.225	0.225	0.225	0.1	0.225	0
	石炭	0	0.1	0	0.9	0	0
	石油	0	0.1	0	0.9	0	0
	地熱	1	0	0	0	0	0
	天然ガス	1	0	0	0	0	0
	石灰石	1	0	0	0	0	0
	パルプ・紙製造原料	1	0	0	0	0	0
副産物系供給・製造	鉄	0	0.1	0	0.9	0	0
	銅	0	0	0	0.2	0.4	0.4
	鉛	0	0	0	0.2	0.4	0.4
	電力	0	0.1	0	0.9	0	0
	電力	0	0.1	0	0.9	0	0
	電力	0	0	0	1	0	0
	熱	0	0	0	1	0	0
	セメント	0	0.2	0	0.8	0	0
パルプ・紙	0	0	0	1	0	0	
ASGM	WA運営方式	0	0.58	0	0.14	0.27	0
	CA運営方式	0	0.51	0	0.31	0.18	0
水銀含有製品製造	サーモスタット	0.95	0	0.05	0	0	0
	圧力計	0.95	0	0.05	0	0	0
	温度計	0.95	0	0.05	0	0	0
	計測機器	0.95	0	0.05	0	0	0
	分光計	0.95	0	0.05	0	0	0
	電球	0.95	0	0.05	0	0	0
	電池	0.95	0	0.05	0	0	0
	無機薬品	0.95	0	0.05	0	0	0
	歯科用アマルガム	0.95	0	0.05	0	0	0
使用	サーモスタット	0	0.66	0.19	0.06	0.02	0.07
	圧力計	0	0.66	0.19	0.06	0.02	0.07
	温度計	0	0.66	0.19	0.06	0.02	0.07
	計測機器	0	0.66	0.19	0.06	0.02	0.07
	分光計	0	0.66	0.19	0.06	0.02	0.07
	電球	0	0.66	0.19	0.06	0.02	0.07
	電池	0	0.66	0.19	0.06	0.02	0.07
	無機薬品	0	0.66	0.19	0.06	0.02	0.07
	歯科用アマルガム	0	0.66	0.19	0.06	0.02	0.07
リサイクル	水銀	0.95	0	0.05	0	0	0
廃棄物処理		0.7			0.015	0.27	0.015

表 15 本 MFA で使用した製品別移行係数データ

2001年と2011年のフィリピンにおける水銀のマテリアルフロー推定結果を図17～18に示す。両図より、フィリピン全体における水銀のマテリアルフローにおいて、ASGMに関わるフローの占める割合が2001年、2011年共に高いことが分かる。例えば、2001年のASGMへの海外からの輸入量は58t、ASGMからの環境排出量は58.2t、2011年では輸入量は66.9t、環境排出量は70.5tと推定された。つまり、フィリピンの水銀はASGM中心に循環しており、その供給は海外に依存しており、最終的に海外から供給された水銀の同量が環境中に放出される傾向が確認された。

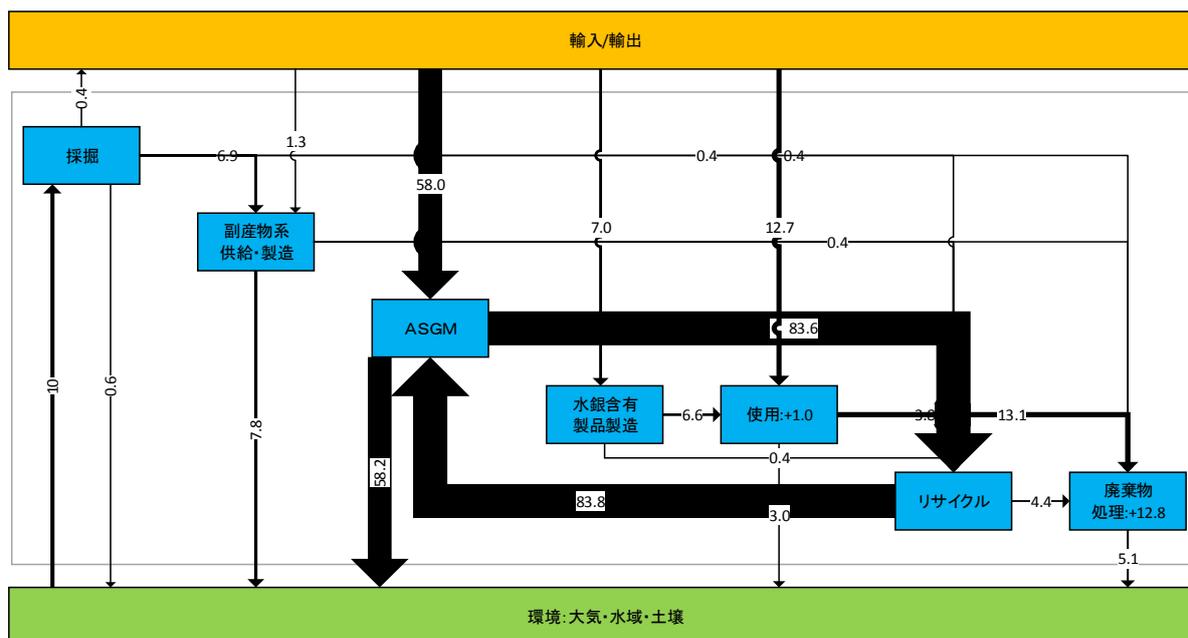


図 17 フィリピンにおける水銀のマテリアルフロー推定結果（2001年、単位：t-Hg）

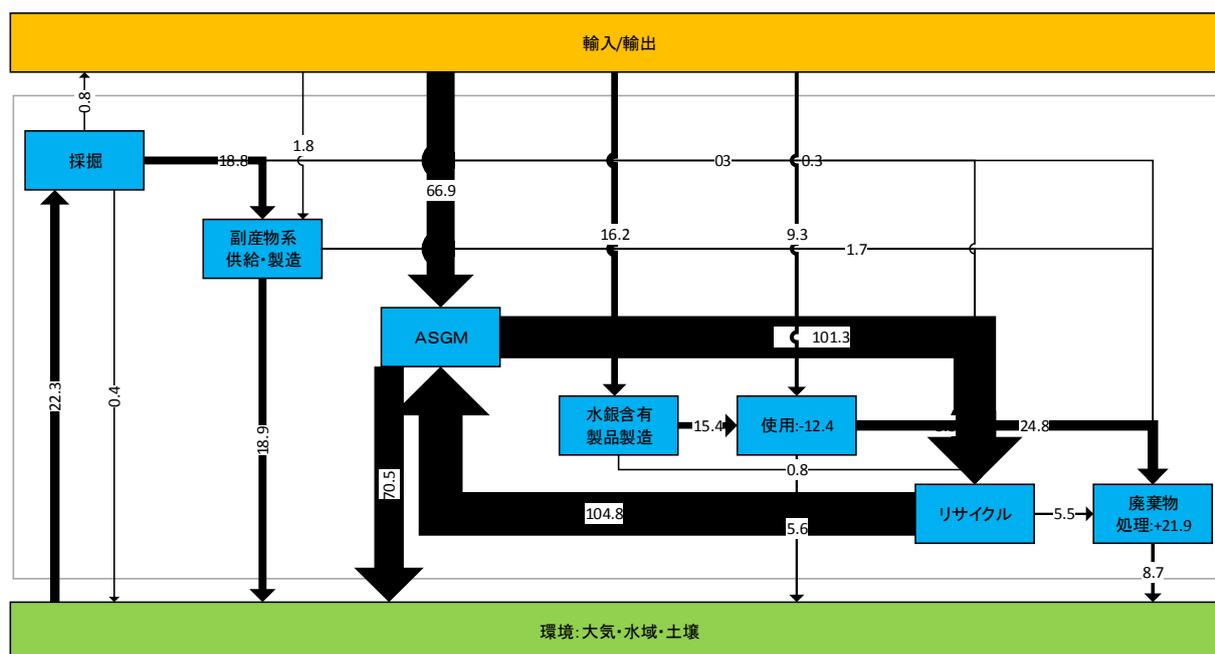


図 18 フィリピンにおける水銀のマテリアルフロー推定結果（2011年、単位：t-Hg）

続いて、2001年と2011年のモンゴルにおける水銀のマテリアルフロー推定結果を図19～20に示す。両図より、フィリピンと同様に、モンゴルにおいても、水銀のマテリアルフロー全体において、ASGMに関わるマテリアルフローの占める割合が2001年、2011年共に高いことが分かる。例えば、2001年のASGMへの海外からの輸入量は20.6t、ASGMからの環境排出量は19.6t、2011年では輸入量は7.1t、環境排出量は8.2tと推定された。フィリピンではASGMに関わる水銀のマテリアルフローは時間にともない増加する傾向が確認できたが、モンゴルでは反対に減少する傾向が確認できた。

割と割合は増加している。ASGM への輸入の割合が高く、2001 年で全体の 7 割を占め、2011 年では 6 割まで減少する結果になった。

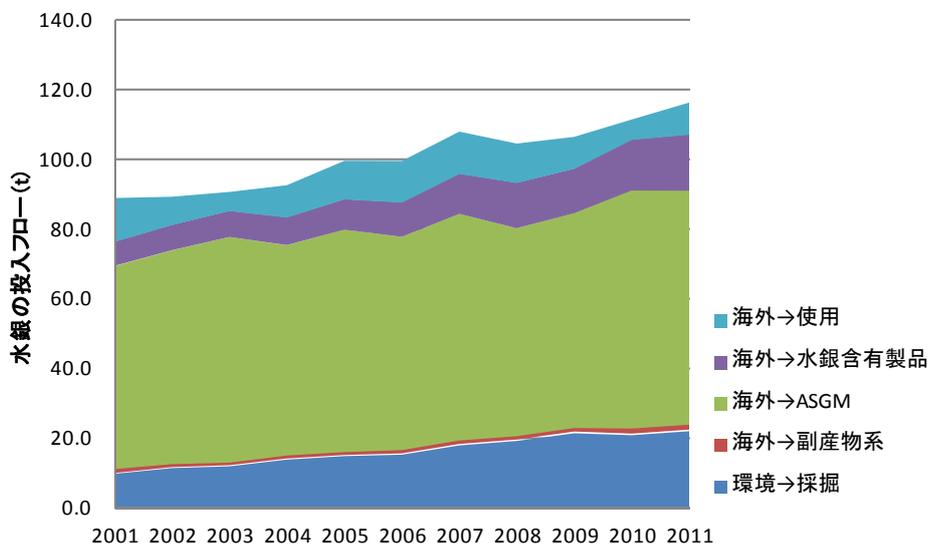


図 21 フィリピンにおける水銀の投入フローの経年変化

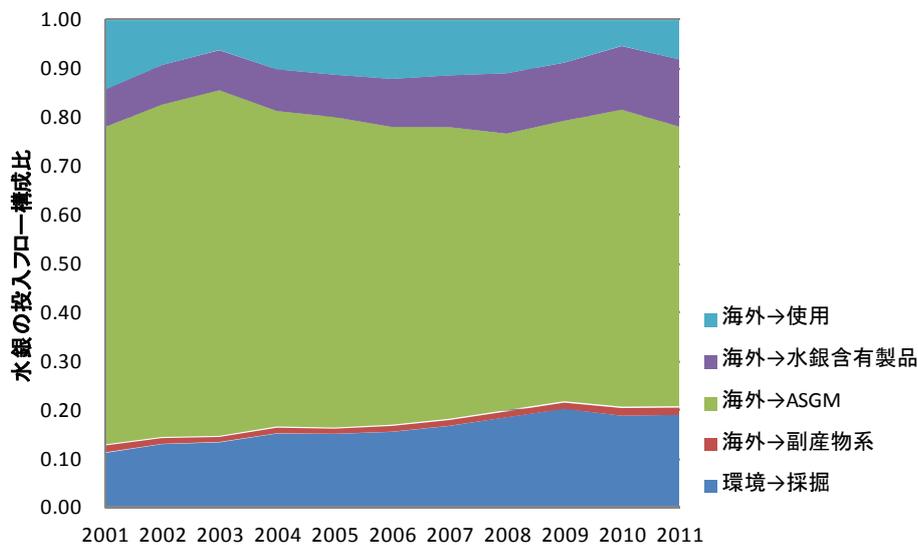


図 22 フィリピンにおける水銀の投入フロー構成比の経年変化

続いて、フィリピンにおける水銀の産出フローとその構成比の経年変化を図 23、図 24 に示す。フィリピンから産出される水銀は 2001 年から 2011 年までに 88t から 126t までに推移し、全体として増加傾向である(ストック調整を加えていないため、投入フローと一致していないことに注意)。産出フローの内訳について 2001 年から 2011 年までの経年変化を見ると、環境排出が 9 割から 8 割と割合が減る一方で、国内埋立が 1 割から 2 割と割合は増加している。ASGM からの環境排出の割合が高く、2001 年で全体の 7 割を占め、2011 年では 6 割まで減少する結果になった。

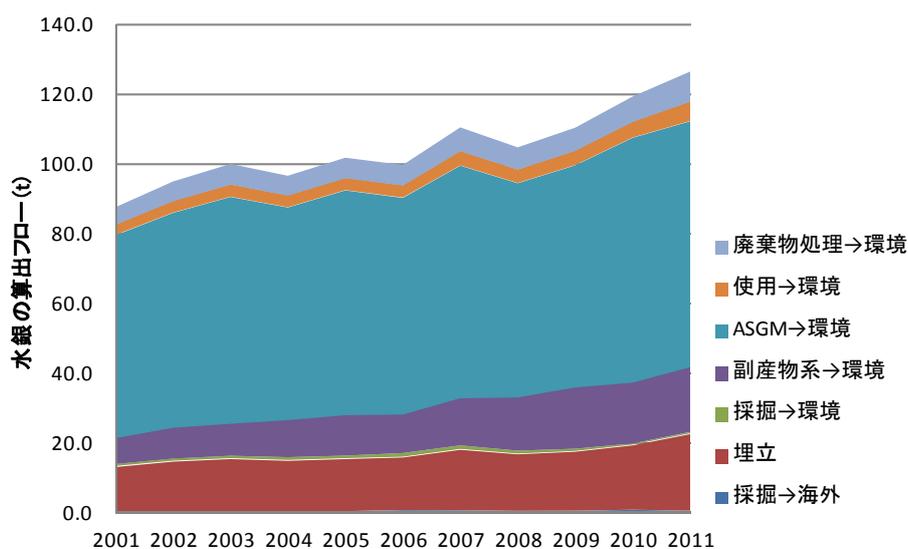


図 23 フィリピンにおける水銀の産出フローの経年変化

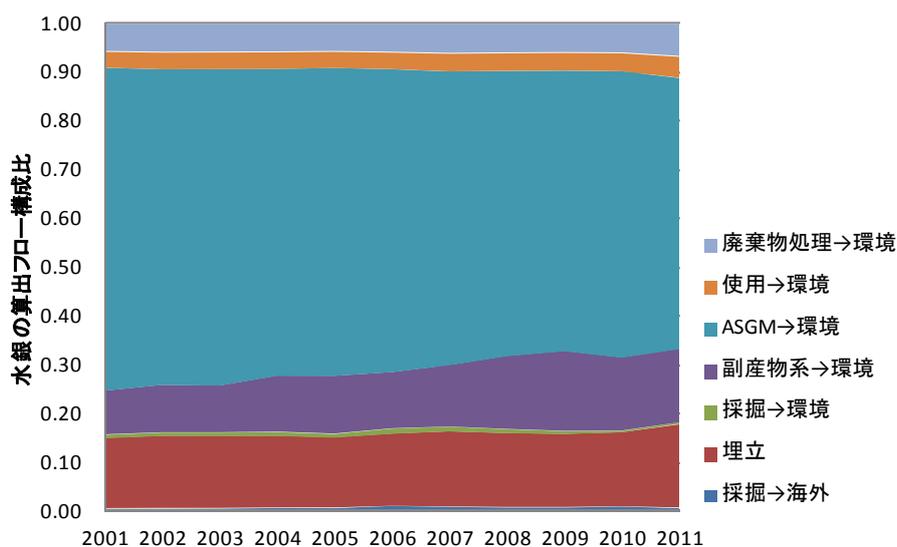


図 24 フィリピンにおける水銀の産出フロー構成比の経年変化

次に、モンゴルにおける水銀の投入フローとその構成比の経年変化を図 25、図 26 に示す。モンゴルに投入される水銀はフィリピンの 2 から 3 割程度の量で、2001 年に 22t、2005 年に 38t まで増加するが、2011 年までに 16t まで減少し、フィリピンとは異なる経年変化を示す。投入フローの内訳について 2001 年から 2011 年までの経年変化を見ると、2001 年から 2008 年までは海外からの輸入が 9 割以上を占めている（輸入の多くは ASGM 向けである）。しかし、2009 年以降、海外輸入は減少し、国内環境からの採掘が増加し、2011 年では国内採掘の割合は 5 割を占める結果となった。

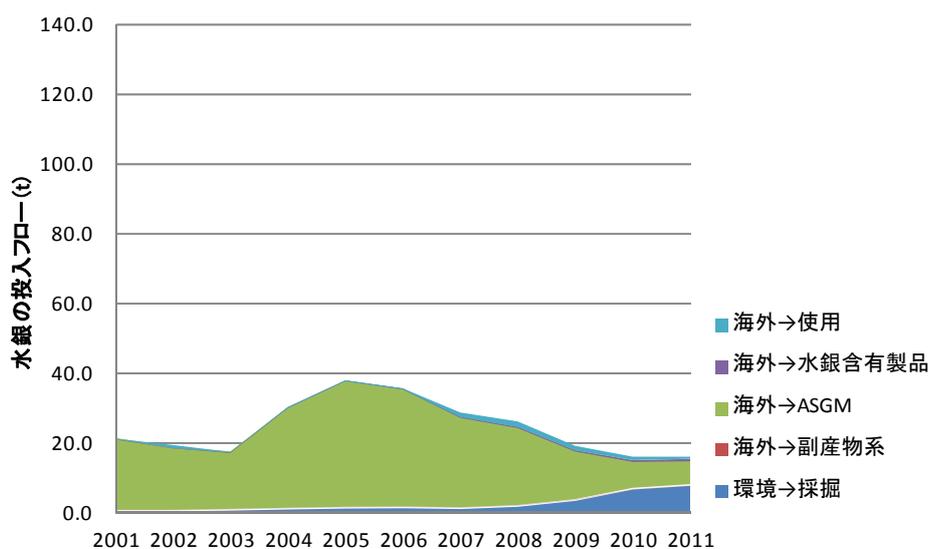


図 25 モンゴルにおける水銀の投入フローの経年変化

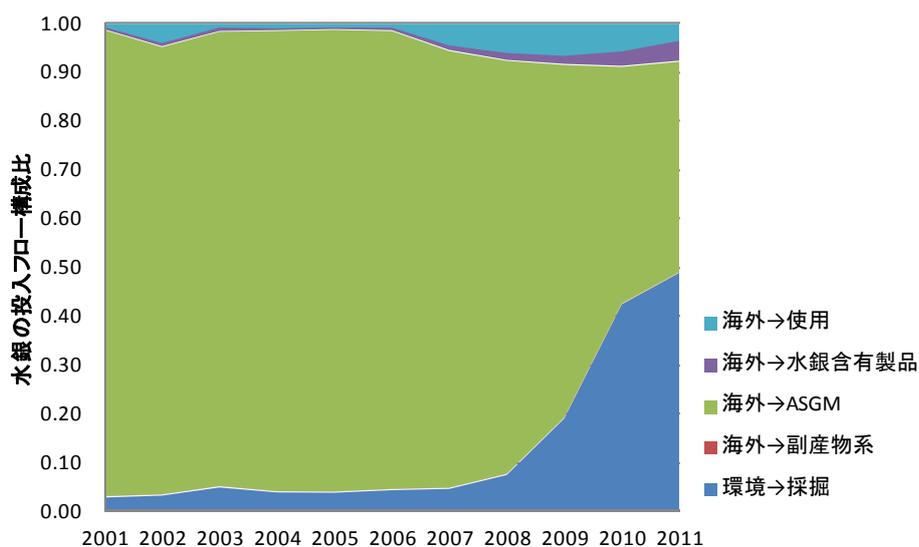


図 26 モンゴルにおける水銀の投入フロー構成比の経年変化

次に、モンゴルにおける水銀の産出フローとその構成比の経年変化を図 27、図 28 に示す。モンゴルに産出される水銀は図 25 と同じ経年変化をもつ。ただし、使用におけるストック調整を加えていないため、投入フローと産出フローの値は若干異なる。産出フローの内訳について 2001 年から 2011 年までの経年変化を見ると、2001 年から 2008 年までは埋立の割合が 1 割、ASGM の環境排出の割合が 9 割で推移していた。2008 年以降は内訳が大きく変わり、ASGM の環境排出の割合が 2011 年までに 5 割まで減少する中で、海外輸出と ASGM 以外の環境排出の割合が 2011 年までに 3 割まで増加した。

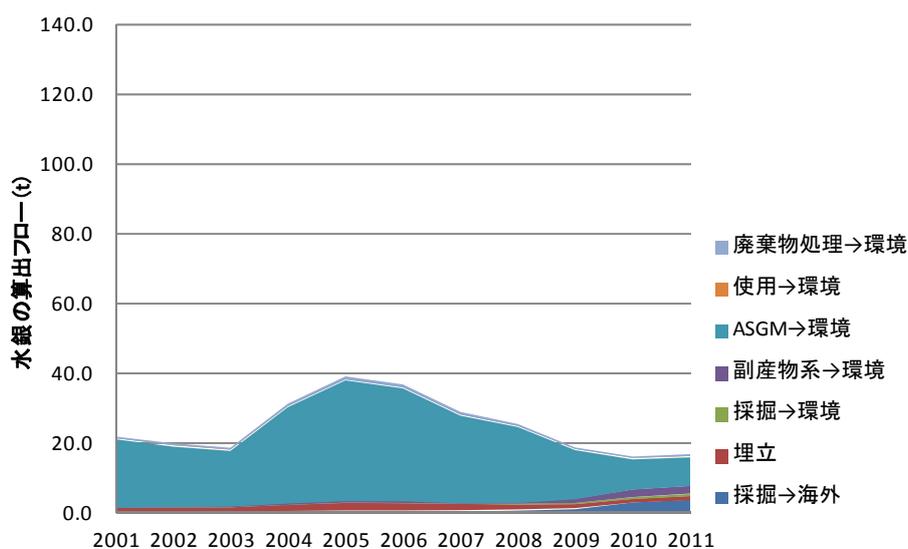


図 27 モンゴルにおける水銀の産出フローの経年変化

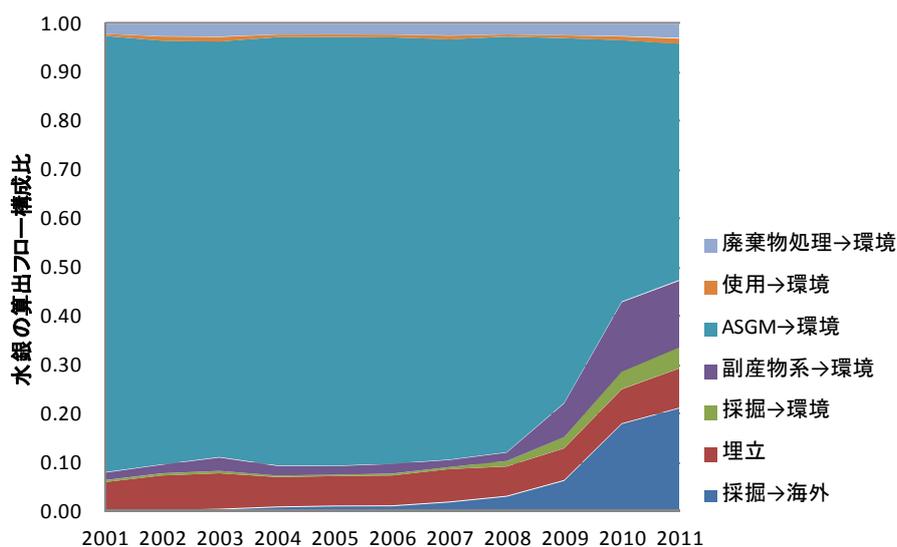


図 28 モンゴルにおける水銀の産出フロー構成比の経年変化

以上より、フィリピンとモンゴルの水銀のマテリアルフローを、投入フローと産出フローに注目し、その経年変化を把握すると、投入フローに関しては、海外輸入の影響が大きいこと、産出フローに関しては、環境排出の影響が大きいことは分かった。そこで、以降、海外輸入と環境排出の詳細について把握する。まず、図 29、図 30 に、フィリピンにおける水銀の輸入量とその構成比の経年変化を示す。フィリピンに輸入される水銀は 2001 年から 2011 年までに 65t から 83t までに推移し、全体として増加傾向である。輸入量の内訳について 2001 年から 2011 年までの経年変化を見ると、ASGM への輸入の割合が高く、2001 年で 9 割を示し、2011 年でその割合は 8 割まで減少している。ASGM への輸入割合の減少は、水銀含有製品製造への輸入割合の増加を意味する。本研究は ASGM への輸入における密輸等の違法な取引量が 4 割から 6 割を占めることを明らかにした。

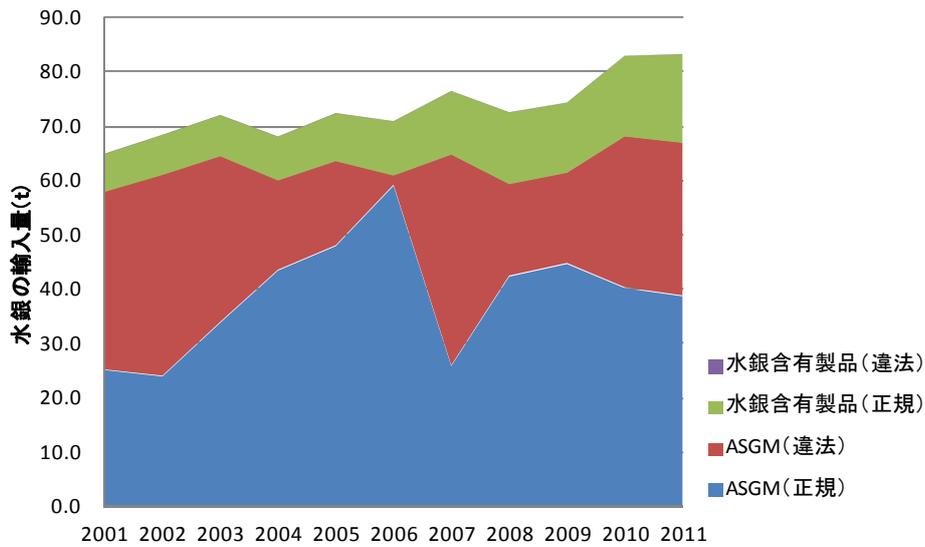


図 29 フィリピンにおける水銀の輸入量の経年変化

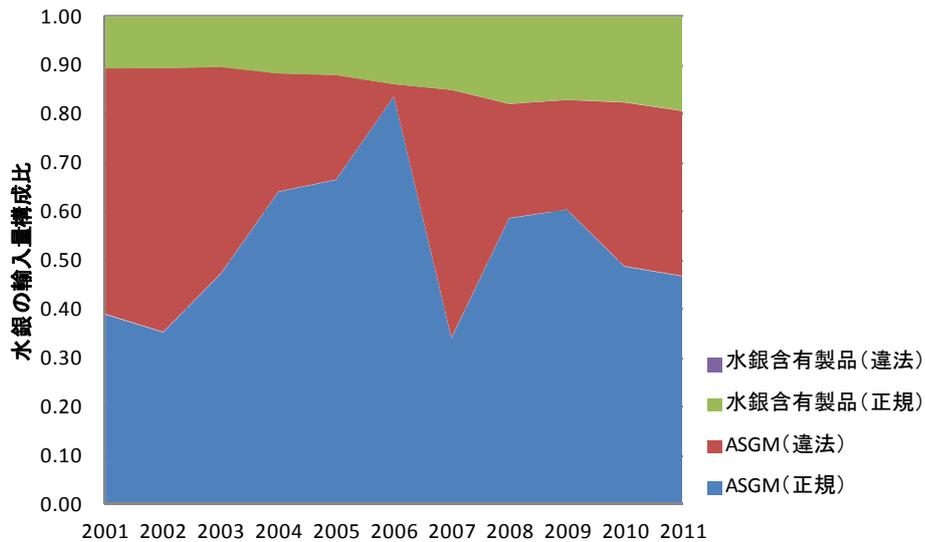


図 30 フィリピンにおける水銀の輸入量構成比の経年変化

モンゴルにおける水銀の輸入量とその構成比の経年変化を図 31、図 32 に示す。モンゴルに輸入される水銀は 2001 年に 20t から始まり、2005 年に 37t に一度ピークを迎え、その後 2011 年まで 8t まで減少する傾向が示された。輸入量の内訳について 2001 年から 2011 年までの経年変化を見ると、ASGM への輸入の割合が 2001 年から 2009 年までほぼ 100%を示し 2010 年以降は 90%まで減少している。ASGM の輸入に関して、貿易統計で計上された値がゼロであるため、今回の輸入はすべて密輸等による違法な取引によるものと解釈される。

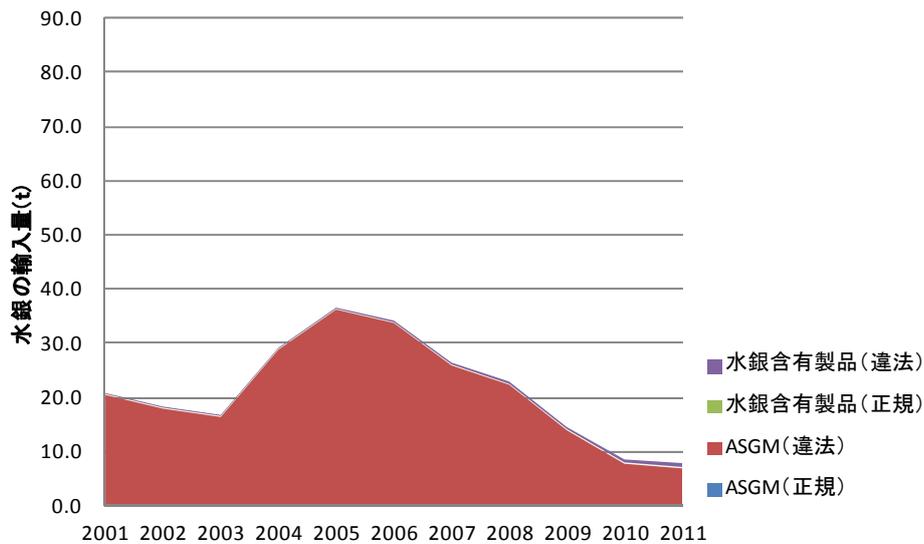


図 31 モンゴルにおける水銀の輸入量の経年変化

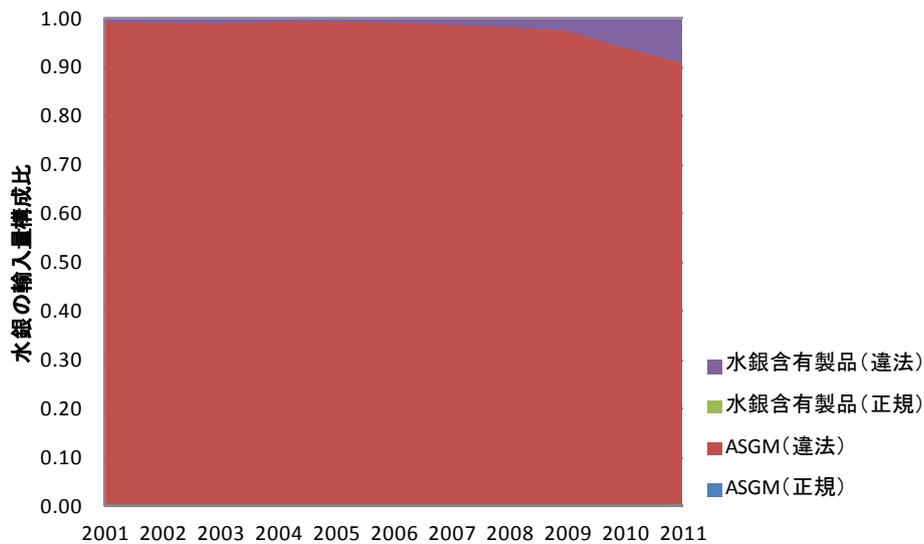


図 32 モンゴルにおける水銀の輸入量構成比の経年変化

続いて、フィリピンにおける水銀の環境排出量とその構成比の経年変化を図 33、図 34 に示す。フィリピンで環境中に排出される水銀は 2001 年から 2011 年までに 75t から 104t まで増加している。環境排出量の内訳について 2001 年から 2011 年までの経年変化を見ると、ASGM 由来の環境排出の割合が 8 割から 7 割に減少し、一方 ASGM 以外の環境排出量の割合が 2 割から 3 割と増加している。さらに、ASGM 由来の環境排出に着目すると、土壌への排出の割合が全体の 5 から 6 割近くを占め、その次に大気への排出の割合が 2 割を占める結果が得られた。

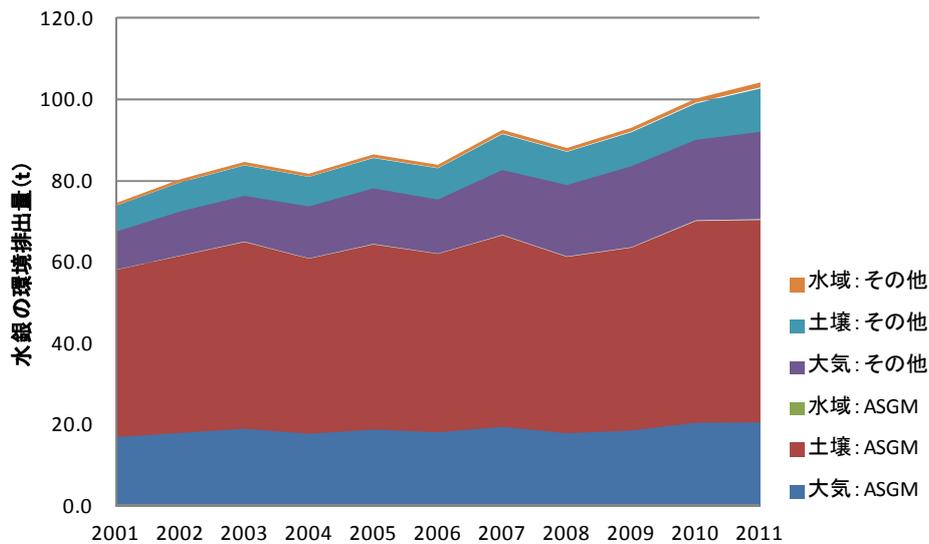


図 33 フィリピンにおける水銀の環境排出量の経年変化

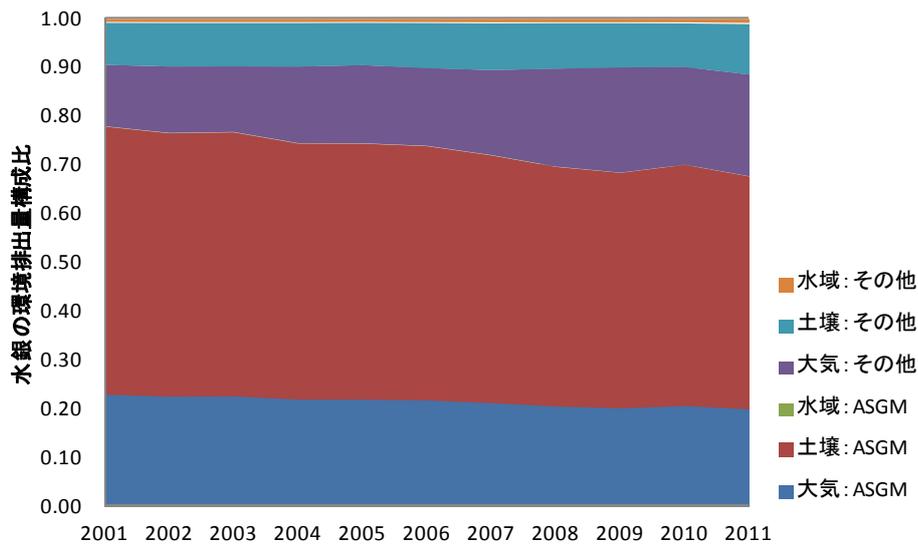


図 34 フィリピンにおける水銀の環境排出量構成比の経年変化

フィリピンに続いて、モンゴルにおける水銀の環境排出量とその構成比の経年変化を図 35、図 36 に示す。モンゴルで環境中に排出される水銀は 2001 年の 21t に始まり、2005 年の 37t をピークに 2011 年の 12t まで減少する傾向が見られた。環境排出量の内訳について 2001 年から 2011 年までの経年変化を見ると、ASGM 由来の環境排出の割合が 8 割から 7 割に減少し、一方 ASGM 以外の環境排出量の割合が 2 割から 3 割と増加している。さらに、ASGM 由来の環境排出に着目すると、土壌への排出の割合が全体の 5 から 6 割近くを占め、その次に大気への排出の割合が 2 割を占める結果が得られた。

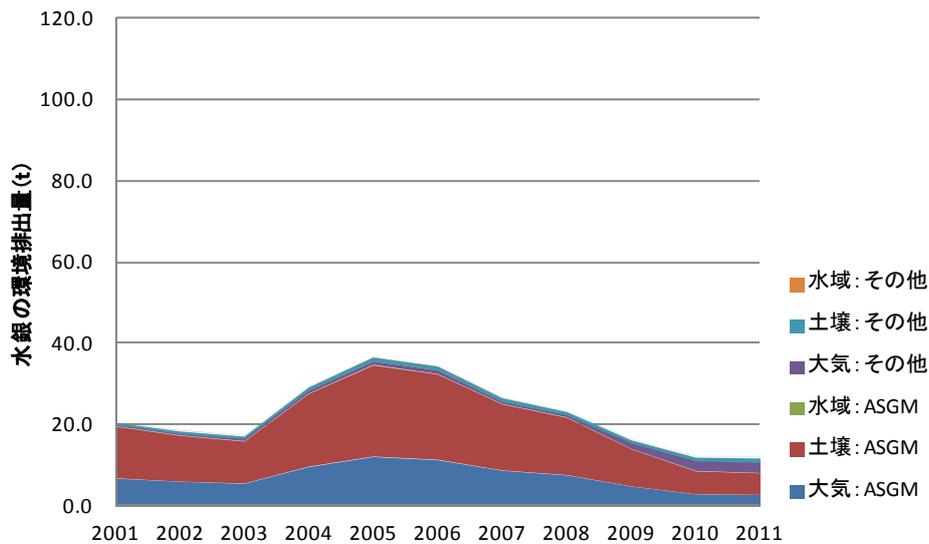


図 35 モンゴルにおける水銀の環境排出量の経年変化

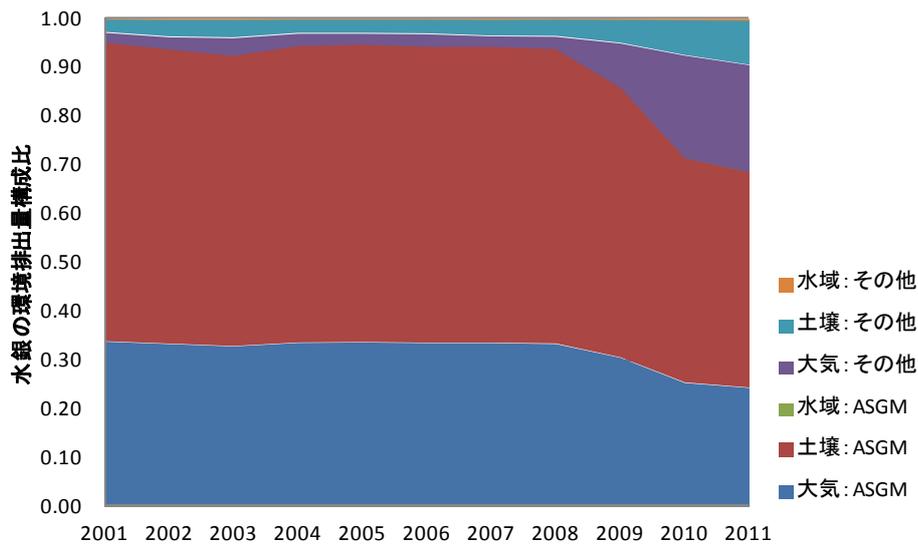


図 36 モンゴルにおける水銀の環境排出量構成比の経年変化

続いて、エシカルジュエリー導入の水銀削減効果を明らかにするため、MFA に基づく水銀削減効果測定モデルを説明する。

本水銀削減効果測定モデルでは、図 37 で与えられる水銀の MFA のシステム境界において動脈産業と静脈産業を定義し、区別する。この場合、採掘、副産物系供給・製造、ASGMS、水銀含有製品製造が動脈産業と位置づけられる。リサイクル、廃棄物処理は静脈産業と位置づけられる。

続いて、MFA 結果を、表 16 で示されるような水銀マテリアルフローマトリックスに変換する。水銀マテリアルフローマトリックスの動脈産業の行にマテリアルフロー推定に使用した製品フロ

一情報が格納される。水銀（廃棄物）、水銀（再利用）、環境の行が水銀のマテリアルフローを表形式化したものである。環境の行はそのまま環境排出量を示す。以上の水銀マテリアルフローマトリックスは、限定された産業であるが、既存の廃棄物産業連関表（中村慎一郎編著, 2002）と同じ構造をもつ。ただし、水銀のマテリアルフローは重量単位であるが、製品フローは製品によって行ごとに単位が異なることに注意する。

廃棄物産業連関モデルを援用することで、水銀マテリアルフローマトリックスから本水銀削減効果測定モデルが導出される。モデル導出の詳細は後述する。本水銀削減効果測定モデルから、水銀削減シナリオをモデルパラメータとして与えることで、水銀削減対策による水銀のマテリアルフローおよび環境排出量の変化量を推定できる。

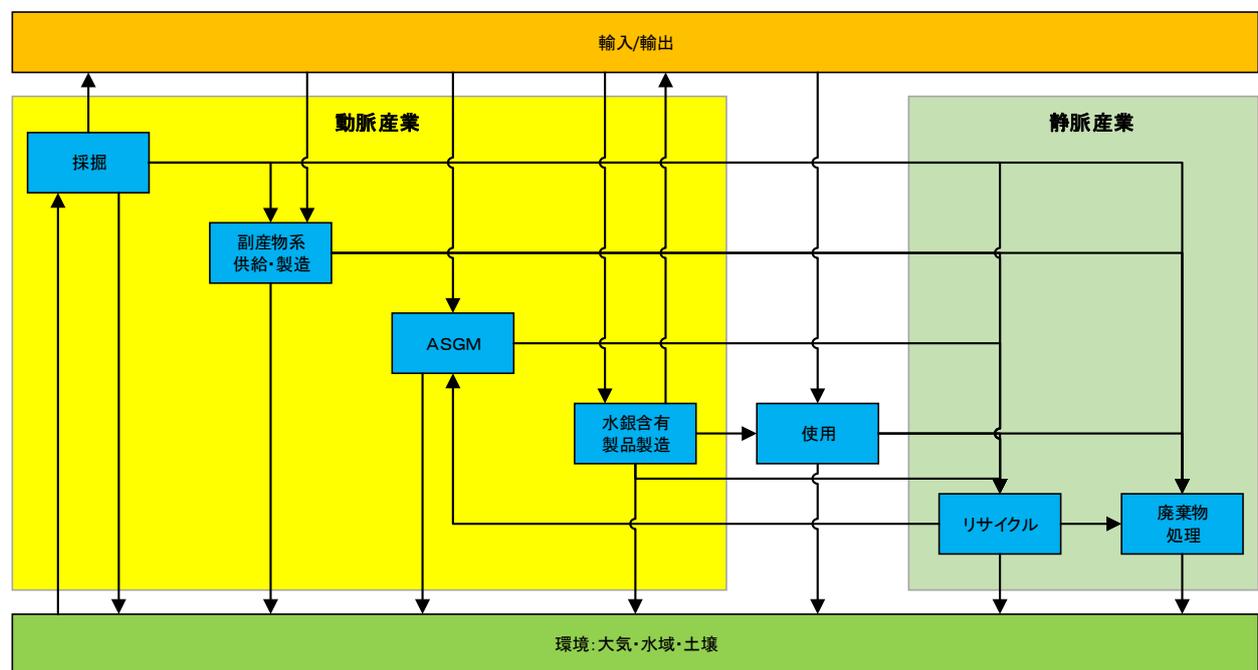


図 37 水銀の MFA における動脈産業と静脈産業の定義

	動脈産業	静脈産業	国内消費	輸出入	計
動脈産業	X_{ii}	X_{ij}	F_i	$EXP_i - IMP_i$	X_i
水銀（廃棄物）	W_{ki}	W_{kj}	F_k	0	X_k
水銀（再利用）	$-W_{li}$	W_{lj}	0	$EXP_l - IMP_l$	X_l
環境	E_{ni}	E_{nj}	0	0	E_n

表 16 水銀マテリアルフローマトリックス

水銀のマテリアルフローマトリックスから本水銀削減効果測定モデルの導出法を説明する。まず、非正方形列である水銀マテリアルフローマトリックスを配分行列 S を用いて正方化する。この

配分行列は、水銀の次なる移動先の配分を示すものである。正方化計算は次式として与えられる。

$$X_{jl} = S_{jk}W_{ki} + S_{jl}W_{li}$$

$$X_{jj} = S_{jk}W_{kj} + S_{jl}W_{lj}$$

$$F_j = S_{jk}F_k$$

$$EXP_j - IMP_j = S_{jl}(EXP_l - IMP_l)$$

上式より正方化された水銀マテリアルフローマトリックスを表 17 に示す。このとき、行和は、動脈産業の生産量、静脈産業の処理量となる。

	動脈産業	静脈産業	国内消費	輸出入	計
動脈産業	X_{ii}	X_{ij}	F_i	$EXP_i - IMP_i$	X_i
静脈産業	X_{ji}	X_{jj}	F_j	$EXP_j - IMP_j$	W_j
環境	E_{ni}	E_{nj}	0	0	E_n

表 17 正方化された水銀マテリアルフローマトリックス

表 17 の行方向の需給バランスより、以下の需給均衡式が与えられる。

$$\begin{bmatrix} X_{ii}\hat{X}_i^{-1} & X_{ij}\hat{W}_j^{-1} \\ X_{ji}\hat{X}_i^{-1} & X_{jj}\hat{W}_j^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_i \\ W_j \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} F_i - IMP_i + EXP_i \\ F_j - IMP_j + EXP_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_i \\ W_j \end{bmatrix}$$

ここで、以下のように投入係数 A を置き、国内消費と輸出入を最終需要 FD とする。

$$\begin{bmatrix} A_{ii} & A_{ij} \\ A_{ji} & A_{jj} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{ii}\hat{X}_i^{-1} & X_{ij}\hat{W}_j^{-1} \\ X_{ji}\hat{X}_i^{-1} & X_{jj}\hat{W}_j^{-1} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} FD_i \\ FD_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_i - IMP_i + EXP_i \\ F_j - IMP_j + EXP_j \end{bmatrix}$$

上 2 式より、需給均衡式は次のように整理できる。

$$\begin{bmatrix} A_{ii} & A_{ij} \\ A_{ji} & A_{jj} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_i \\ W_j \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} FD_i \\ FD_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_i \\ W_j \end{bmatrix}$$

動脈作業、静脈産業の生産量、活動量を左辺にまとめと次式が導出される。

$$\begin{bmatrix} X_i \\ W_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_{ii} - A_{ii} & A_{ij} \\ A_{ji} & I_{jj} - A_{jj} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} FD_i \\ FD_j \end{bmatrix}$$

上式は産業連関モデルと同じ構造である。この式を基に、以下のマテリアルフロー推定式と環境排出量推定式が得られる。

$$\begin{bmatrix} W_{ki} & W_{kj} \\ -W_{li} & W_{lj} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{ki} & A_{kj} \\ A_{li} & A_{lj} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_i & 0 \\ 0 & W_j \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} E_{ni} & E_{nj} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} EF_{ni} & EF_{nj} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_i & 0 \\ 0 & W_j \end{bmatrix}$$

このとき、マテリアルフロー推定式と環境排出量推定式で使用される投入係数、環境排出係数は次式で与えられる。

$$\begin{bmatrix} A_{ki} & A_{kj} \\ A_{li} & A_{lj} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_{ki} \hat{X}_i^{-1} & W_{kj} \hat{W}_j^{-1} \\ -W_{li} \hat{X}_i^{-1} & W_{lj} \hat{W}_j^{-1} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} e_{ni} \\ e_{nj} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_{ni} \hat{X}_i^{-1} \\ E_{nj} \hat{W}_j^{-1} \end{bmatrix}$$

以上の水銀削減効果測定モデルでは、広範囲の水銀削減対策を評価できる。排出係数を変化させることで、排ガス除去装置、排水処理装置などの直接的な環境対策シナリオを評価できる。さらに、投入係数、配分行列を変化させることで、水銀を使用しないプロセスを評価できる。さらに、輸出入禁止、生産禁止、エネルギー需要の増加など、最終需要の変動に対応したマテリアルフローの変化を評価できる。

以上の水銀削減効果測定モデルを用いて、フィリピン、モンゴルを対象にエシカルジュエリー一導入効果を測定する。現在 ASGM で行われている whole ore amalgamation を pre-concentrate amalgamation に置き換えた場合について、国内全体での水銀マテリアルフローと環境排出量の変化をモデル計算する。Whole ore amalgamation は、鉱石を粉砕するミルに水銀を入れ、尾鉱を挽がけて、アマルガムを取る方法である。Pre-concentration amalgamation は鉱石を粉砕後、挽がけをして、金属の

濃縮物を得て、そこに少量の水銀を混ぜてアマルガムにする方法で、鉱石粉碎時に水銀を使用しないため、whole amalgamation より水銀の使用量を削減することができる。水銀削減シナリオとして、whole ore amalgamation が行われている ASGM の 90% が pre-concentration amalgamation に置き換わると仮定するシナリオを設定した。90% の置換率は、モンゴルにおける ASGM で働く 206 人の内、92% の人々が pre-concentration amalgamation を受け入れる意志があるとの調査結果を参考に設定した。水銀削減効果測定モデルに必要な投入係数、配分行列、排出係数、最終需要パラメータとして、本研究で推定した 2011 年のフィリピン、モンゴルにおける水銀の MFA 結果を用いる。

フィリピンにおいてエシカルジュエリーを導入した場合の水銀の MFA 結果を図 38 に示す。参考までに、導入しない場合の水銀の MFA 結果を図 39 に示す（図 18 と同じものである）。図 38 と図 39 の違いが、エシカルジュエリーの導入効果と解釈できる。エシカルジュエリー導入により、ASGM に関わる水銀のマテリアルフローが半減する効果が確認できた。例えば、海外から ASGM への水銀輸入量が 67t から 31t と 36t 削減し、ASGM から環境排出量が 71t から 38t と 33t 削減する結果が得られた。

モンゴルにおけるエシカルジュエリーを導入した場合の水銀の MFA 結果を図 40 に示す。参考までに、導入しない場合の水銀の MFA 結果を図 41 に示す（図 20 と同じものである）。図 40 と図 41 の違いが、エシカルジュエリーの導入効果と解釈できる。導入により、ASGM に関わる水銀のマテリアルフローが減少する効果が確認できた。例えば、海外から ASGM への水銀輸入量が 7.1t から 0.7t と 10 分の一に削減し、ASGM からの環境排出量が 8.2t から 5.2t と 4 割削減する結果が得られた。

さらに、フィリピン、モンゴルにおけるエシカルジュエリーの導入前後での環境排出量の変化を図 42、図 43 に示す。エシカルジュエリー導入の効果として、フィリピン、モンゴル共に、ASGM からの土壌への水銀排出量の大幅削減が見込まれる。

最後に、フィリピン、モンゴルにおけるエシカルジュエリーの導入前後での輸出量の変化を第図 44、図 45 に示す。エシカルジュエリー導入の効果として、フィリピン、モンゴル共に、ASGM への違法な輸入の消滅もしくは大幅削減が見込まれる。

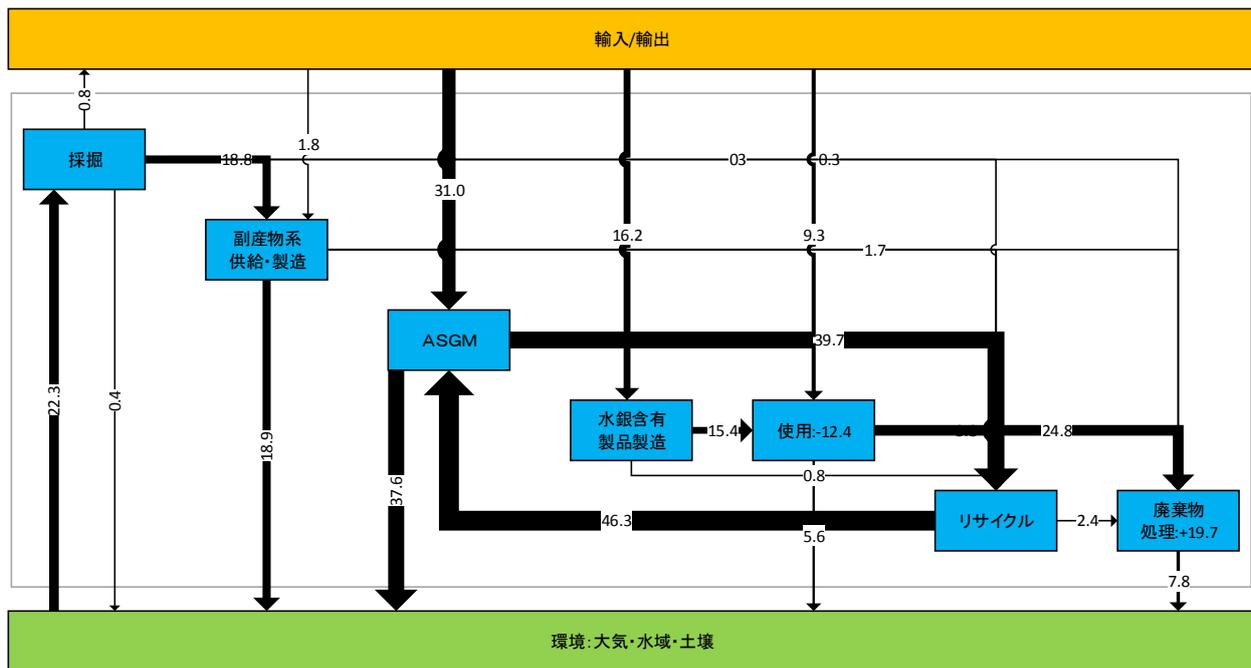


図 38 フィリピンにおいてエシカルジュエリーを導入した場合の水銀の材料フロー推定結果 (2011年、単位: t-Hg)

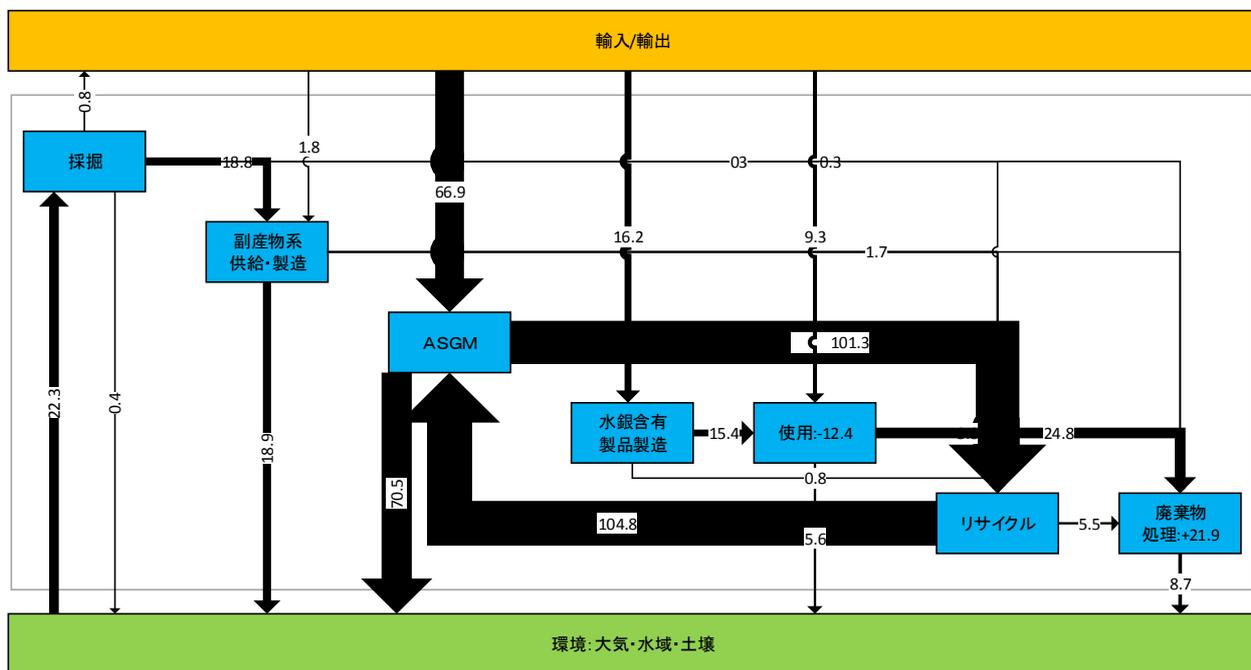


図 39 フィリピンにおける水銀の材料フロー推定結果 (2011年、単位: t-Hg)

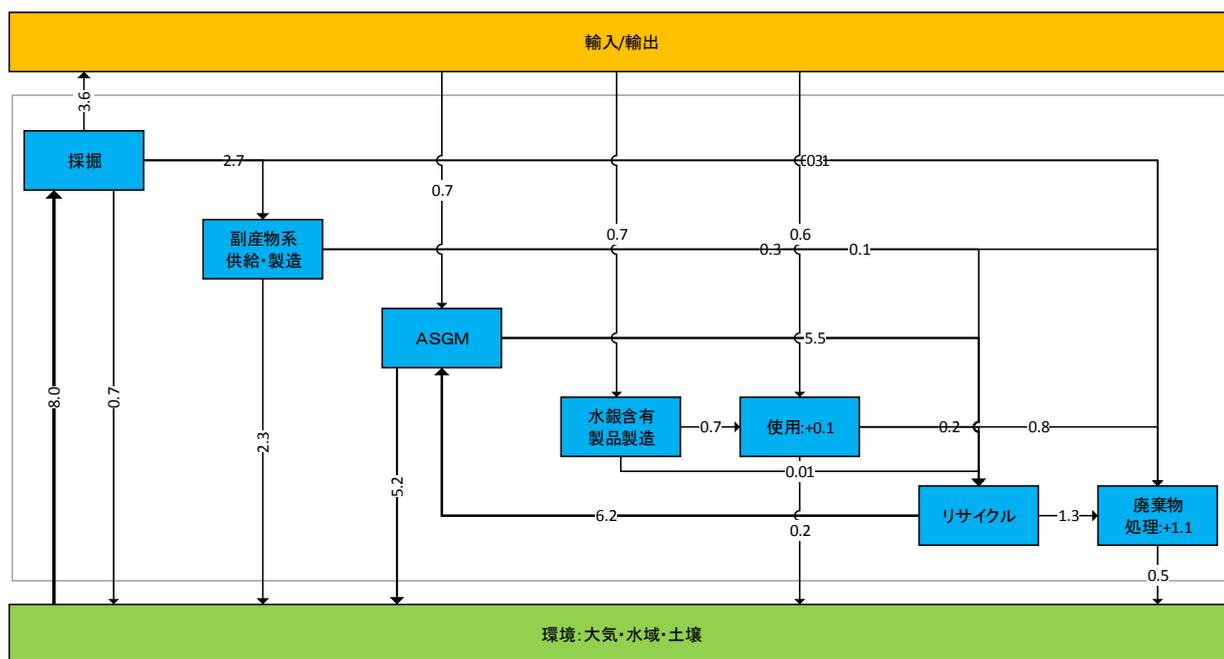


図 40 モンゴルにおいてエシカルジュエリーを導入した場合の水銀のマテリアルフロー推定結果 (2011年、単位：t-Hg)

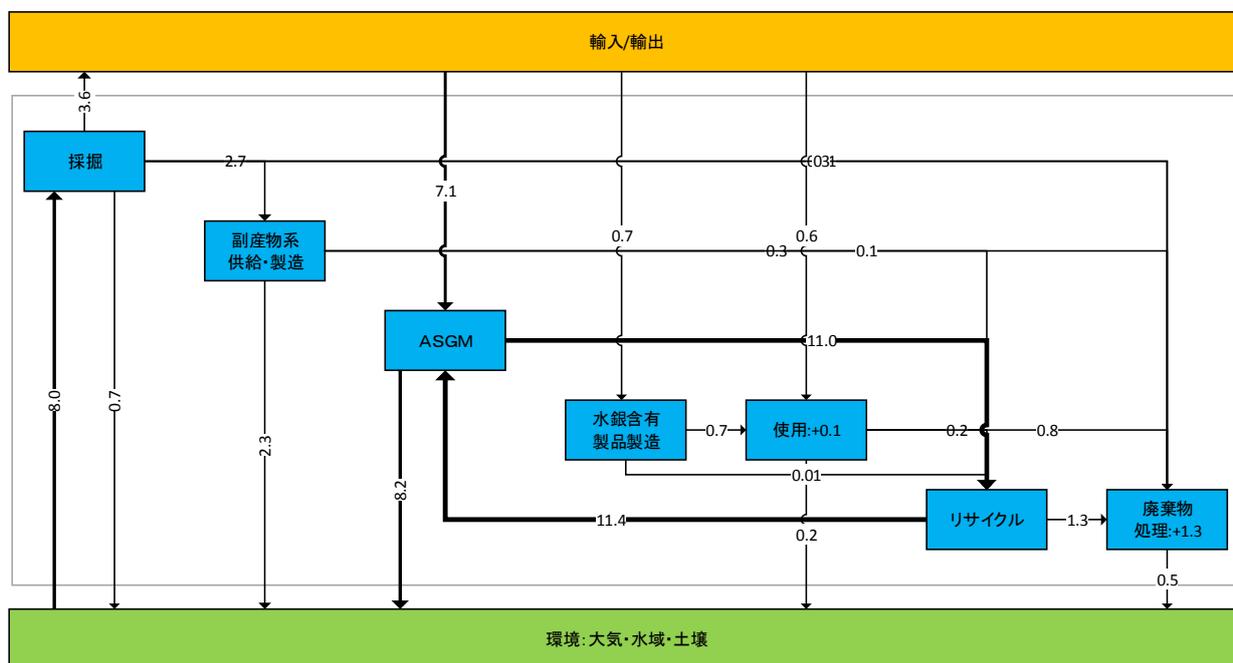


図 41 モンゴルにおける水銀のマテリアルフロー推定結果 (2011年、単位：t-Hg)

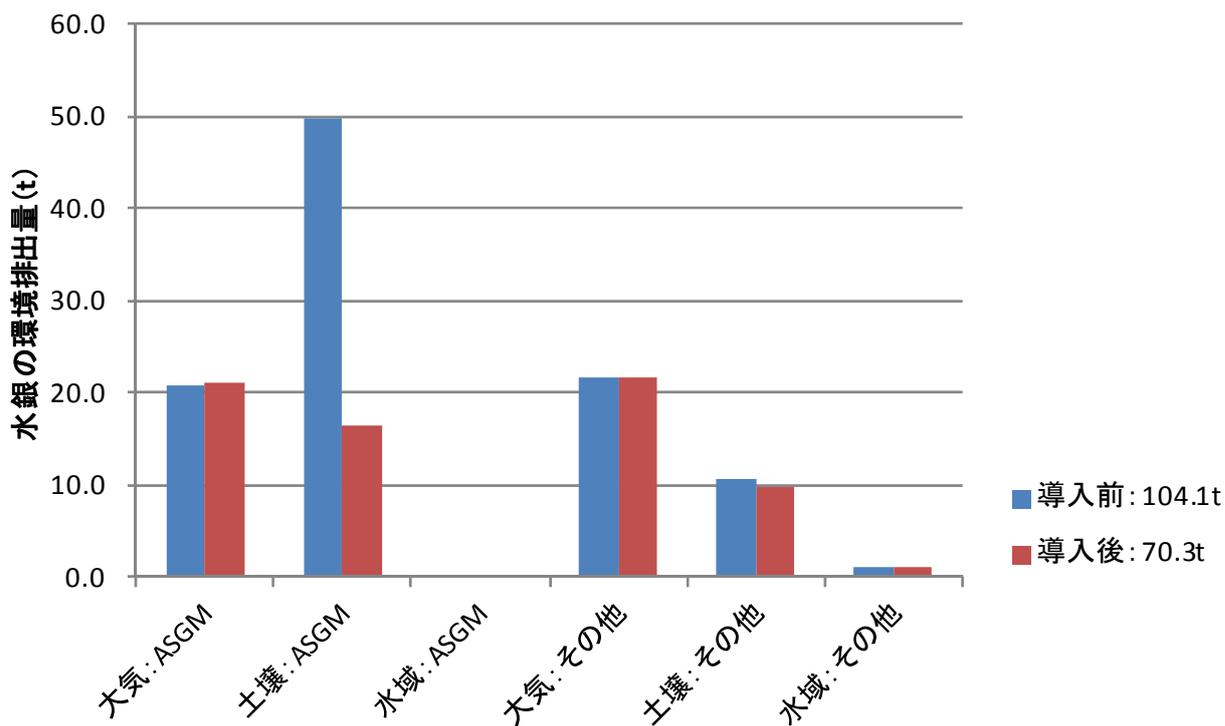


図 42 フィリピンにおけるエシカルジュエリー導入前後での環境排出量の変化

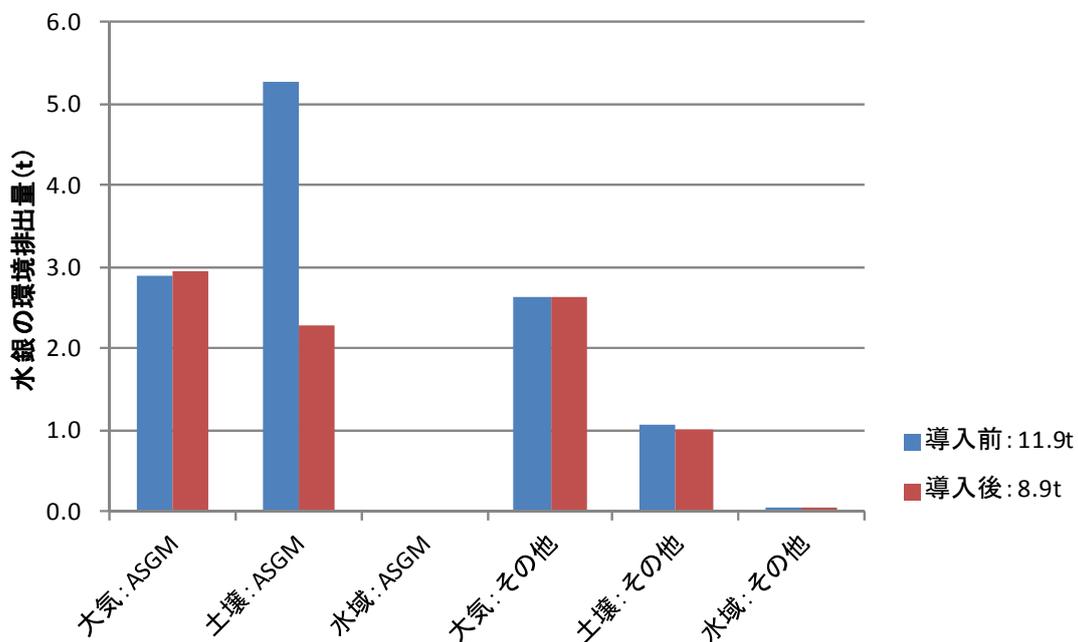


図 43 モンゴルにおけるエシカルジュエリー導入前後での環境排出量の変化

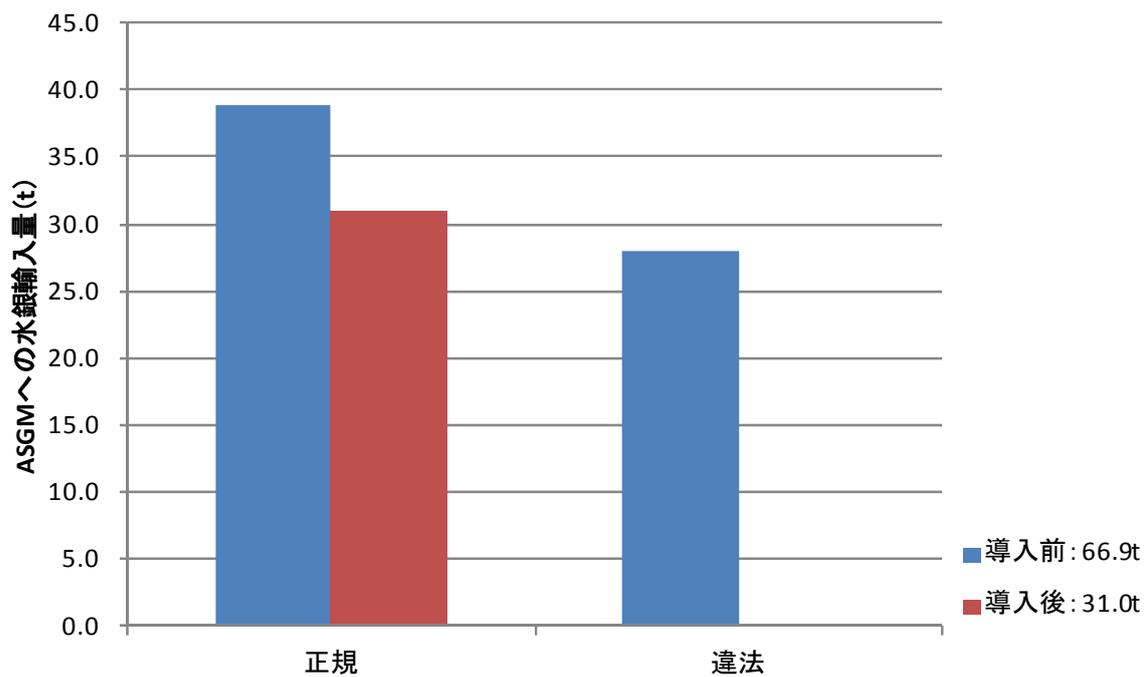


図 44 フィリピンにおけるエシカルジュエリー導入前後での ASGM への水銀輸出入量の変化

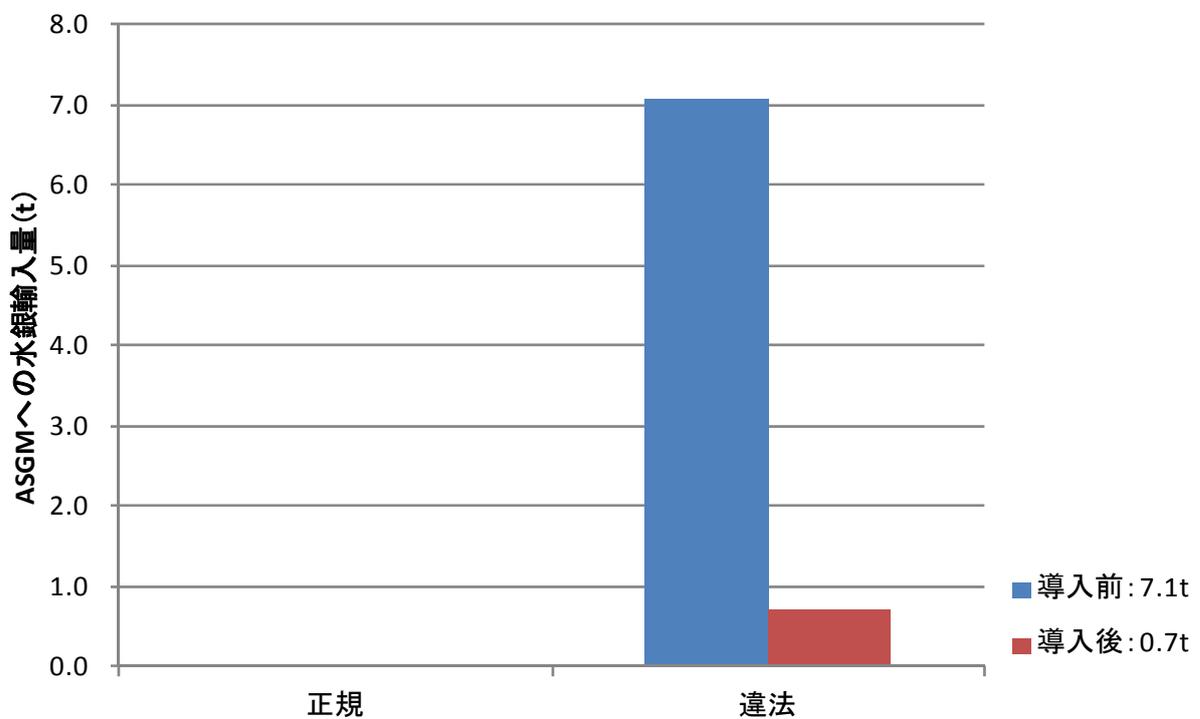


図 45 モンゴルにおけるエシカルジュエリー導入前後での ASGM への水銀輸出入量の変化

(5) 附帯業務

UNEP アジア太平洋事務所（バンコク）を訪問し、情報収集と意見交換を行った。また、ナイロビの本部から来泰した水銀関係プログラムの責任者と面談した。さらに、本研究で得られた成果を、国際機関 CCOP（東・東南アジア地球科学計画調整委員会）年次総会の技術セッション（セブ）および社会地質学会主催第 27 回環境地質学シンポジウム（東京）で公表した。第 27 回環境地質学シンポジウムでは奨励賞を受賞した。

結論

ASGM による深刻な水銀汚染をこれ以上進行させないためには実態に沿った解決案を提示することが必要である。アジア各国の担当者は、さまざまな国際援助があるにもかかわらず、「現場が遠い」「汚染の実態が不明」「スタッフが足りない」「法令が整備されていない」など、一般論を繰り返しており（e.g., Sein, in print; Boungnaphalom, in print; Van Nam, in print）、このままでは対策は進まないと危惧される。そこで、本研究では、現場の実態を調査するとともに、従事者が水銀使用をやめる意志を調べ、エシカルジュエリーへむけた道筋を検討した。

筆者らは、まず、採掘されている鉱石の特徴を把握した。水銀もシアンも使用せずに回収できるのは粒度が大きい金のみだが、そのような金を含む高品位鉱は一般的ではなかった（仮にあったとしても、すぐに鉱量が枯渇する惧れがある）。一方、一般的な鉱石に含まれるのは、微細な金粒子で、その回収には水銀かシアンを使用せざるを得ない。したがって、現場の事情に応じて、完全な水銀フリーである比重選鉱、部分的に水銀を使用する pre-concentration、青化处理を使い分けなければならないが、比重選鉱は高品位鉱にしか適用できず、また、シアンは有資格者が厳密に扱わなければならない。したがって、現時点では、pre-concentration を許し、レトルト等の導入によって水銀の散逸を抑えるのが最も現実的であろう。

鉱物学的研究ではフィリピン産鉱石に銀が多く含まれている事も確認した。同国にはもともと銀細工の伝統があり各地に工房が存在する。また、金に続いてフェアトレードの流れを作ろうとする動きが銀にはあるので、同国でエシカルジュエリーを起こすならば、これに連動して、シナリオ作りを進めると良いと思われる。

鉱石の鉱物学的研究は尾鉱による 2 次汚染を予防する意味でも重要である。本研究では、フィリピン産鉱石には随伴鉱物が多く、場合によっては、鉛やヒ素が周辺環境中に拡散するリスクがある事が明らかになった。ASGM の管理では水銀のみならず他の重金属による汚染を考慮すべきである。

次に、本研究では、現場で採用している技術の効果を検証した。その結果、最も一般的で最も多くの水銀を排出する whole ore amalgamation が、経済性でも金抽出の効率という意味でも、無駄が多く、推奨できない事が明らかとなった。そこで、whole ore amalgamation をやめ、pre-concentration に切り替えた場合の水銀削減量をマテリアルフローモデルによって推定した。シミュレーションでは、この切り替えによって、大幅な水銀使用量の削減が見込まれる。仮に 9 割の従事者が切り替えた場合、モン

ゴルでは4割、フィリピンでは5割、環境排出量の減少が見込めそうである。

経済学的調査では、モンゴル、フィリピン両国とも、関係者の多くが水銀使用を中止する意志がある事、共用の選鉱製錬場が効果的である事が判明した。また、モンゴルでは女性の方が環境に対する意識が高い事もわかった。したがって、生産現場における **whole ore amalgamation** を廃止し、一定の期間 **pre-concentration** を許し、その間に共用の選鉱製錬施設を建設、最終的には水銀使用をゼロに近づけてゆくシナリオが望ましい。モンゴルの場合、採掘従事者たちは、共用施設の回収効率や買い取り価格に満足している。したがって、これを金のトレードセンターに育成する事は検討する価値がある。また、女性を味方につけ、その感性や、地域の伝統工芸を生かしたエシカルジュエリーを展開する事が、持続可能な地域社会の実現につながる道の1つと思われる。金の精製能力向上、国際的信用の獲得、金や製品輸出の体制整備も進めるべきである。ただし、金資源はいつか枯渇する。また、ASGM 関係者以外は環境に無関心というデータも出ているので、地域社会全体に対する包括的な環境教育、異分野における人材育成、産業の多様化も検討しなければならない。

参考文献

英語

Ali, S. (2009) *Treasure of the Earth*, Yale University Press.

Bali Fokus (2017) *Mercury Trade and Supply in Indonesia*, 110pp.

Ban Toxics (2017) *Mercury Trade in Asia*, 65pp.

Boungnaphalom (in print) *Artisanal gold mining in LAO PDR*, *Geo-pollution Science, Medical Geology and Urban Geology*.

García, O., Veiga, M.M., Cordy, P., Suescún, O.E., Molina, J.M., Roeser, M. (2015) *Artisanal gold mining in Antioquia Colombia: a successful case of mercury reduction*, *Journal of Cleaner Production*, 90, 244-25.

Habuer, Naoko Yoshimoto, Masaki Takaoka, Takashi Fujimori, Kazuyuki Oshita, Nobumitsu Sakai, Sharifah Aishah Syed Abd Kdir, *Substance flow analysis of mercury in Malaysia*, *Atmospheric Pollution Research*, 7, 799-807, 2016.

High, M.M. and Schlesinger, J. (2010) *Rules and rascales: the politics of gold in Mongolian Qing history*, *Central Asian Survey* 29 (3), 289-304.

Kelsall, H. (in print) *Increasing Profitability through Responsibility in the Luxury Industry*, *Geo-pollution Science, Medical Geology and Urban Geology*.

Macabuhay, M. D., Galvez, A., Lucino, J., Cubelo, E., Lorenzo, J. S., Monroy, T. and Gutierrez, R. C. (in print) *Mercury flow analysis in artisanal and small-scale gold mining operations in the Philippines*, *Geo-pollution Science, Medical Geology and Urban Geology*.

Murao, S., Tumenbayar, B., Sera, K. and Uramгаа, J. (2004) *Finding of high level of arsenic for Mongolian villagers' hair*, *International Journal of PIXE* 14, 125-131.

Murao, S., Sera, K., Tumenbayar, B., Saija, N. and Uramгаа, J. (2011) *High level of arsenic reaffirmed for human hairs in Mongolia*, *International Journal of PIXE* 21, 119-124.

- Murao, S., Sera, K., Ishikawa, Y., Goto, S., Takahashi, C., Wongsomsak, S., Limuswan, R., Kawabe, Y. and Imoto, Y. (2013) PIXE analysis of water and tailings from lead-mining area in Kanchanaburi, Thailand, *International Journal of PIXE* 23, 111-117.
- New England Historical Society (2016) The Mad Hatters of Danbury, Conn., Retrieved Feb. 28 2018 from <http://www.newenglandhistoricalsociety.com/mad-hatters-danbury-conn/>.
- Peralta, G. L. and Elvira Pausing, E. (2008) Mercury assessment for the Philippines using UNEP inventory toolkit, UNEP.
- Rey-Saturay, E. M. and Murao, S. (2014) Artisanal gold mining and the applicability of ethical jewelry in Paracale, Camarines Norte, Philippines, *Geo-pollution Science, Medical Geology and Urban Geology* 10, 10-15.
- Sein, K. (in print) Artisanal gold mining in Myanmar, *Geo-pollution Science, Medical Geology and Urban Geology*.
- UN comtrade: <https://comtrade.un.org/>
- UNEP (2017) Report of the Conference of the Parties to the Minamata Convention on Mercury on the work of its first meeting, UNEP/MC/COP.1/29.
- UNEP inventory toolkit <http://web.unep.org/chemicalsandwaste/what-we-do/technology-and-metals/mercury/toolkit-identification-and-quantification-mercury-releases>
- Van Nam (in print) The effects of mercury in artisanal/small-scale gold mining in Vietnam, *Geo-pollution Science, Medical Geology and Urban Geology*.
- Velasquez-Lopez, P. C., Veiga, M. M. and Hall K. (2010) Mercury balance in amalgamation in artisanal and small-scale gold mining: identifying strategies for reducing environmental pollution in Portovelo-Zaruma, Ecuador, *Journal of Cleaner Production* 18, 226–232.

日本語

- サリーム・アリ (2018) 鉱物の人類史, 青土社, 307pp.
- 中村慎一郎編著 (2002) 廃棄物経済学をめざして, 早稲田大学出版部, 216pp.
- 村尾 智・川辺能成・世良耕一郎・後藤祥子・高橋千衣子・Tumenbayar, B.・Uramгаа, J. (2011) モンゴル国北部における重金属汚染とリスク管理 ―予報―, *NMCC 共同利用成果報文集* 18, 102-107.
- TUM GEL (2018) モンゴルの零細及び小規模金採掘における水銀フリー技術の映像記録, 産業技術総合研究所.

付録 1

日本ジュエリー協会における取材記録

一般社団法人 日本ジュエリー協会取材メモ

2017年4月6日（木）15:00～16:30

場所：日本ジュエリー協会打合せスペース

応対者：塚本仁人 事務局長、梅澤貞雄 専務理事

訪問者：村尾智（産業技術総合研究所）、坂本治（エックス都市研究所）

環境省主催セミナーについて

- 5/9はジュエリー協会の理事会があるため、理事及び事務局は参加できない。
- 環境省主催のセミナーのテーマについて、業界として総論では同意するが、各論では難しい部分が多い。ジュエリー協会は中小企業が多く、業界の売上もここ数年は非常に厳しい状況。自社のビジネスにつながるのかという視点で見ると、セミナーに参加する企業も少ないのではないかと。
- 業界としてエシカルの定義が定まっていない。経産省（ジュエリー協会の所管官庁）からそれを詰めるようなお達しも受けたことがない。環境省主催のセミナーで我々が業界として話すとなると、詰めなければいけない概念や定義が多すぎるため、現時点でお話できることはない。
- セミナーのタイトルもエシカルジュエリーではなく、まずASGMによる水銀汚染や健康被害の実態と金の流通などにフォーカスした方が良いのでは。事務局として問題には関心があるので、勉強会のような性質のものであれば、次回以降はぜひ参加したい。

エシカルジュエリーについて

- 過去にエシカルジュエリーがマスコミに取り上げられたことがあったが、本当に消費者の関心が高ければ、もっと話題になっており、加盟企業や経産省から事務局に対して、新たなビジネスモデルとしてのエシカルジュエリーの可能性について調査の要請があったはずである。実際には、話題に上がったこともない。
- 白木氏のHASUNAのような小規模なジュエリーショップにとっては、他のブランドとの差別化を図るためのPR手段としてエシカルジュエリーが有効なのであろう。話としては食いつきやすいが、実際には全然広がっていないのが事実。
- 英国でエシカルジュエリーが浸透しているのは、英国ではジュエリーの取引が中心で、イタリアのようにブランド・生産がないからではないか。大手ブランドは、エシカルに取り組むことで、対外的にクリーンなイメージをPRすることはあるが、現実としてエシカルジュエリーを販売した実績はない。

日本における金の流通状況について

- 会員企業で、直接海外から金を輸入している企業はごく少数である。金の貿易は、為替リスクもあり、誰でも容易にできるものではない。日本国内で消費・使用されている金の多くは、商社がまとめて輸入したものである。
- 金の取引に携わる業界団体として、日本地金流通協会がある。セミナーのテーマを考えると、

むしろそちらにアプローチした方がよいのでは。

- 金はトレーサビリティが困難。アパレル品でも原産地の特定が困難な状況となっており、宝飾品に至っては、ほぼ全てが日本由来ではないもので構成されており、極めて困難である。
- 24金以上の純度のものを日本では金と呼ぶが、純度が低いものも金として取引している国もある。金以外のプラチナなども含め、貴金属について国際的に共通の基準もない。
- 実際に日本で使用されている金の多くが工業用途で、宝飾品用途はそれほど多くない。大手メーカーは自社製品のクリーンなイメージをPRするために、グリーン調達基準などを設定しているため、そういったところへアプローチした方がよいのではないか。

その他

- 日本から海外に使用済みの宝飾品を輸出し、海外で製錬して、金を回収するケースもあると聞いたことがある。香港、スイス等が主要な輸出先と聞いている。
- 日本ジュエリー協会が扱っているのは、宝石そのものであり、宝飾品ではない。売り場も異なってくる。別のアクセサリ協会も存在する。そちらの方がエシカルジュエリーに関心が高いかもしれない。

付録 2

モンゴルでを使用した調査票

Хувиараа ашигт малтмал олборлогчид, бичил уурхай эрхлэгчдийн судалгаа

2017 он

Аж үйлдвэрийн ахисан түвшиний судалгаа, технологийн төв, Япон улс

ИнЭДҮ Судалгааны төв, Улаанбаатар

Энэ судалгаа нь хувиараа ашигт малтмал олборлогчид, бичил уурхай эрхлэгчдийн алт олборлолт ба нийгэм, эдийн засаг, байгаль орчны үйл байдлын талаарх суурь мэдээллийг цуглуулах зорилготой. Энэхүү судалгаанд хариулахад 30 орчим минут болно. Таны хариултыг нууцлан хадгалах бөгөөд нийт оролцогчдын хариултуудыг нэгтгэсэн хэлбэрээр судалгааны дүн гарна.

Энэ судалгааны үр дүн нь хувиараа ашигт малтмал олборлогчид, бичил уурхайн нөхцөлийг сайжруулахад тустай бөгөөд эрдэм шинжилгээний бүтээл болон хэвлэгдэнэ.

Та дараах асуултууданд хариулж бидний ажилд туслалцаа үзүүлнэ үү. Хэрэв та сонирхвол энэ судалгааны дүнг танд илгээж болно.

Р ХЭСЭГ: Хувиараа ашигт малтмал олборлогчид, бичил уурхай эрхлэгчдийн үндсэн мэдээлэл				
P1	Аймаг			
P2	Сум			
P3	Баг			
P4	Судалгаанд оролцогчийн дугаар			
P5	Ажиллаж байгаа уурхайн газрын нэр			
P6	Уурхайн төрөл	1=Үндсэн орд	2=Шороо н орд	3. Аль алиныг нь
P7	Хэрэв Үндсэн орд бол дараахийн аль нь вэ	1=Ил уурхай	2= Далд уурхай	3= Аль алин нь
P8	Судалгаа авсан огноо			
P9	Судалгаанд оролцогчийн нэр			

P10	Хүйс?	1=Эрэгтэй	2=Эмэгтэй
P10	Холбоо барих утас		

А ХЭСЭГ: Оролцогчийн талаарх суурь мэдээлэл (Асуулт бүрийн ард буй цонхонд хариултыг оруулж тэмдэглэнэ үү. Жишээ нь хэрэв Тийм гэж хариулсан бол А1 асуултын ард буй цонхонд 1 гэж тэмдэглэнэ үү.). Хэрэв хүний тоо, км гэх мэт мэдээлэл оруулах бол мөн цонхонд тэмдэглэнэ үү.			
A1	Та Тийм=1	өрхийн Үгүй=2	тэргүүн үү?
A2	Хэрэв үгүй бол та өрхийн тэргүүнтэй ямар харилцаатай вэ? 1=Эхнэр/Нөхөр 2=Хүү 3=Охин 4=Ах/дүү 5=Эгч/дүү 6=Бусад (дэлгэрэнгүй бичнэ үү)_____		
A3	Та энэ өрхийн уурхайн ажилтай холбоотой гол шийдвэрийг гаргадаг уу? Тийм=1 Үгүй=2		
A4	Та хэдэн настай вэ?		
A5	Таны боловсролын түвшин? 0=Бичиг үсэг тайлагдаагүй 1=Уншиж бичдэг 2=Бага 3=Дунд 4=Техник мэргэжлийн 5=Дээд 6=Бусад (дэлгэрэнгүй бичнэ үү)-----		
A6	Та ихэнхдээ хаана амьдардаг вэ? 1=Уурхайн газар 2=Сумын төв 3=Бусад (Дэлгэрэнгүй бичнэ үү)-----		
A7	Энэ уурхайн газрын орчимд та хэдэн жил ажиллаж байна вэ? жил сардолоо хоног		
A10	Таны гэр бүлийн гишүүдээс энэ уурхайн газрын орчимд амьдардаг уу? Тийм=1 Үгүй=2		
A11	Үгүй бол танай гэр бүл энэ уурхайн газраас хир хол байдаг вэ? км		
A12	Та ямар төрлийн орон байранд амьдардаг вэ? 1=Байшин 2=Гэрт 3=Майхан 4=Бусад (Дэлгэрэнгүй бичнэ үү)-----		
A13	Амьдардаг орон байрны өмчлөлийн хэлбэр 1=Өөрийн өмч 2=Түрээслэдэг 3=Бусад.....		

A14	Таны өрхийн гишүүдийн тоо?	Эрэгтэй том хүн	Эмэгтэй том хүн	18 доош насны эрэгтэй хүүхэд	18 доош насны эмэгтэй хүүхэд
A15	Сургуулийн Охин:	насны	хичнээн	хүүхэдтэй	вэ?
A16	Хэрэв сургуулийн Охин:	насны хүүхэдтэй бол	хичнээн хүүхэд сургуульд сурдаг	вэ?	
A17	Танай гэр бүлээс хийдэг вэ?	хүмүүсээс хичнээн гар аргаар олборлох уул уурхайн ажил			

В ХЭСЭГ: Ажлын талаарх асуултууд	
B1	Та хэдэн жил гар аргаар алт олборлох ажил хийж байна вэ? жил сар
B2	Гар аргаар алт олборлох ажлаас өөр ажил эрхэлдэг үү? Тийм=1 Үгүй=2
B3	Хэрэв Тийм бол хаана ажилладаг вэ? 1= Төсвийн байгууллага 2=Хувийн хэвшил 3=Уурхайн компанип 4= Хувиараа 5= Мал аж ахуй 6=Газар тариалан 7=Оюутан 8. Бусад.....
B4	Та ихэнхдээ ганцаараа ажилладаг уу эсвэл бусадтай хамт бүлэг болж ажилладаг уу? 1= Ганцаараа 2=Гэр бүлийнхэнтэйгээ 3=Хамаатнууд 4=Найзууд 5=Танилууд 6=Нөхөрлөл 7=Бусад /Тохирох бүх хариултыг дугуйлна уу/
B5	Хэрэв та бүлэг болж ажилладаг бол ихэнхдээ хичнээн хүнтэй хамт ажилладаг вэ? Эрэгтэй Эмэгтэй Хүүхэд
B6	Та гар аргаар алт олборлох ажлыг хир тогтмол хийдэг вэ? 1= Жилийн туршид 2=6 сар 3= Улирлын чанартай 4=Зөвхөн амралтаараа 5= Хааяа л 6=Бусад
B7	Долоо хоногт дунджаар хэдэн өдөр олборлолтын газар ажил даг вэ? Өдрийн тоо:.....
B8	Нэг өдөрт дунджаар хэдэн цаг гар аргаар алт олборлох ажил хийдэг вэ? Цагийн тоо:.....

С ХЭСЭГ: Олборлох үйл ажиллагаанд оролцох байдлын тухай (Асуултын хариулт тус					
С1	Уурхайн газар дээр ихэнхдээ ямар ажил хийдэг вэ? (Тохирох бүх хариултыг тэмдэглэнэ үү)		Ти	Үгү	Х
		1= Нүх ухах			
		2= Ус зөөх.			
		3. Шороо, хүдэр			
		3=Бутлах.			
		5=Өрөмдөх			
		6=Тэслэх			
		7=Мөнгөн үс			
		8=Шороо угаах			
		9=Цахилгаан			
		10=Ус зайлүүлэх			
		11=Хоол үнд хийх			
		12=Бусад			
С2	Гэр бүлийн бусад гишүүд тань түслэж				
С3	Хэрэв таны ажилладаг нөхөрлөлд эмэгтэй хүн ажилладаг бол ямар төрлийн ажлыг ихэнхдээ хийдэг вэ?		Тийм=1	Үгүй=2	Х=3
		1= Нүх ухах			
		2= Ус зөөх,			
		3. Шороо, хүдэр			
		3=Бутлах,			
		5=Өрөмдөх			
		6=Тэслэх			
		7=Мөнгөн үс			
		8=Шороо угаах			
		9=Цахилгаан			
		10=Ус зайлуулах			
11=Бусад					
С5	Хэрэв таны ажилладаг нөхөрлөлд хүүхэд ажилладаг бол ихэнхдээ ямар төрлийн ажлыг хийдэг вэ?		Тий	Үгү	Х=
		1= Нүх ухах			
		2= Ус зөөх.			
		3. Шороо, хүдэр			
		3=Бутлах.			
		5=Өрөмдөх			
		6=Тэслэх			
		7=Мөнгөн үс			
		8=Шороо угаах			
9=Цахилгаан					

		10=Ус зайлвчлах			
		11=Бусад			

D ХЭСЭГ: Бүтээгдэхүүнтэй холбоотой мэдээлэл (Харгалзах хэсэгт 1 ба 2 дугаарыг тавина уу)					
Код	Тодорхойлолт		Тийм=1	Үгүй=2	Тоо
D1	Та өөрийн гэсэн уурхайн амтай юу?				
D2	Тийм бол хэдэн уурхайн амтай вэ?				
D3	Та хүмүүсийг хөлсөлж ажилуулдаг уу				
D4	Нийт хичнээн хүн ажиллуулдаг вэ				
D5	Хүдрийг олборлохын тулд ихэнхдээ ямар арга ашигладаг вэ?	Аргууд	Тийм=1	Үгүй=2	
		1=Хүрз жоотуу			
		2=Шигших			
		3=Экскаватор			
		4=Бусад.....			
D6	Та олборлосон хүдрээсээ өөрөө алт ялгаж авдаг уу	1 Тийм 2 Үгүй			
		1=Гараар (Түмпэн)			
		2=Шигшүүр			
		3=Механик баяжуулалт			
		4=Мөнгөн ус ашиглах			
D7	Хэрэв ТИЙМ бол алтыг ялгаж авахын тулд ихэнхдээ ямар арга ашигладаг вэ?	5= Хуурай аргаар угаах			
		6= Бусад.....			
D8	Та мөнгөн ус ашиглахгүйгээр алт ялган авах орчин үеийн аргын тухай мэдэх үү	1 Тийм 2 Үгүй			
D9	Хэрэв Тийм бол мөнгөн ус ашигладаггүй бол алтыг ялган авахдаа дараах аргуудын алийг нь мэдэх вэ? (Олон арга мэдэх бол тохирох бүх хариултыг тэмдэглэнэ үү) 1=Угаах 3=Үлээх			2=Соронзоор салгах 4=Чичирдэг ширээ	

	5=Шууд 6=Цианидаар уусгах 8. Бусад	хайлуулах 7=Боракс арга
D10	Дээрх аргуудаас өмнө нь ашиглаж байсан уу?	1. Тийм 2. Үгүй
D11	Хэрэв ашиглаж байсан бол дээрхээс аль аргыг ашиглаж байсан бэ?	
D12	Хэрэв ашиглаж байгаагүй бол яагаад гэдгээ тайлбарлана уу.	
D13	Та мөнгөн ус хэрэглэлгүйгээр алт ялган авдаг аргыг нэвтрүүлэхийг хүсч байна уу? 1.Тийм 2.Үгүй	
D14	Алт ялган авахдаа дараах аргуудаас ашиглаж байсан уу? (Олон арга ашигладаг бол тохирох бүх хариултыг тэмдэглэнэ үү) 1=Хүдрийг бүхлээр нь хайлуулах хайлуулах 4=Бусад.....	2=Баяжмалыг 3=Хөвсгөр алт

E ХЭСЭГ: Хүдрийн чанар ба боловсруулалт		Шуудай/тон н	Хэмжээ	Үнэ
E 1	Энэ уурхайн газраас долоо хоногт нийт хичнээн хэмжээний хүдэр олборлодог вэ? (тохирох хэмжээсийн дагуу хариултыг бичнэ үү)			
E 2	Та олборлосон хүдрээ хаана аваачдаг вэ ? Өөрөө боловсруулдаг Бусад		2. Тээрэмд аваачдаг	1. 3.
E 3	Та тээрэмдсэн хүдэр буюу шалаамаа хаана аваачдаг вэ? боловсруулдаг 3. Бусад		1. Ченж	2. Өөрөө
E 4	Хэрэв тээрэмдсэн хүдрээ ченж эсвэл бусдад худалдсан бол нэг шуудайг хэдээр зардаг вэ			
E 5	Тээрэмдсэн хүдрээ зарж буй үнийн хэмжээнд сэтгэл ханамжтай байдаг уу? 1 Тийм 2 Үгүй			
E 6	Нэг шуудай эсвэл тонноос хичнээн грамм алт гаргаж авдаг вэ?грамм		

E 7	Алтаа хэнд борлуулдаг вэ?	1=Ченжүүд 2= Тээрмийн эзэн 3=Экспортлогч 4=Бусад.....		
E 8	Алтаа борлуулахын тулд энэ уурхайн газраас хир хол явдаг вэ?км /Уурхайн газар дээрээс авдаг бол 0 гэж тавина уу/		
E 9	Нэг грамм алтыг ямар үнээр зардаг вэ?төгрөг		
E 10	Алтаа зарж буй үнийн хэмжээнд сэтгэл ханамжтай байдаг уу?	Тийм=1	Үгүй=1	
E1 1	Үгүй бол яагаад гэдгээ тайлбарлана уу?			

F ХЭСЭГ: Уурхайн ажлын зардал					
		Хөдөлмөр		Төхөөрөмж	Бусад
		Цаг	Зардал	Зардал	Зардал
	Нэг шуудай, тонн тутамд дараах ажилд зарцуулагдах зардал юу вэ?				
F1	Олборлох				
F2	Нунтаглах тээвэрлэх				
F2	Зөөвөрлөх баяжуулах				
F4	Тээрэмдэх борлуулалт				
F5	Угаах /шороон орд/				
F6	Бусад.....				

G ХЭСЭГ: Урьдчилан сэргийлэх арга хэмжээ				
	Та олборлох, боловсруулахдаа дараах урьдчилан сэргийлэх арга хэмжээг авдаг уу?	Тийм=1	Үгүй=2	X=0
G1	Шүүлтүүртэй маск зүүх			
G2	Ам, хамраа алчуураар хаах			
G3	Аюулгүйн малгай өмсөх			
G4	Бээлий өмсөх			
G5	Ажлын дараа хувцсаа солих			
G6	Хоол идэхийн өмнө гараа угаах			
G7	Бусад			

H Хэсэг			
	Уурхайн ажил хийх болсноос хойш дараах шинж тэмдэг таньд илэрсэн үү?	Тийм=1	Үгүй=2
H1	Уурхайн ажил хийх болсноос хойш дараах шинж тэмдэг таньд илэрсэн үү?		

H2	Толгой тархи өвдөх		
H3	Хараа муудах		
H4	Амьсгалын замын өвчин		
H5	Ой муудах		
H6	Бие чичрэх		
H7	Маш их ядарч сульдах		
H8	Дотор муухайрч бөөлжих		
H9	Зүрхний хэмнэл алдагдах		
H10	Зүрхний цусан хангамж доголдох		
H11	Брхонхит		
H12	Ядаргаа		
H13	Бөөр өвдөх		
H14	Нуруу өвдөх		
H15	Бусад-----		

L ХЭСЭГ: Орлогын эх үүсвэр				
	Дараагийн аль нь танай өрхийн орлогын эх үүсвэр вэ? Эх үүсвэр тус бүрийн тухайд та эсвэл танай хичнээн төгрөгний орлого олдог вэ? (Хэрэв тийм гэж хариулсан бол мөнгөн дүнг асууна уу)	Тийм=1	Үгүй=1	Мөнгөн дүн
L1	Уурхай			
L2	ХАА			
L3	Ажил			
L4	Бизнес			
L5	Гадаадад байгаа гэр бүлийн гишүүд мөнгө явуулдаг			
L6	Бусад-----			
L7	Та хадгаламжтай юу, тийм бол сар бүр хичнээн төгрөг хадгалдаг вэ?			

M ХЭСЭГ: Сарын хэрэглээ, зардал		
	Таны сарын өрхийн хэрэглээний дундаж зардал хэд вэ?	Мөнгөн дүн
M1	Хоол хүнс	
M2	Ус	
M3	Түрээс	
M4	Эрүүл мэнд	
M5	Сургалтын төлбөр	

M6	Хувцас	
M7	Унаа тээвэр	
M8	Түлш цахилгаан	
M9	Бусад-----	

付録 3

フィリピンで使用した調査票

2017 Artisanal Miners Survey ⁴

Isang pagbati. Ang survey na ito ay naglalayon na makolekta ang mga kinakailangang impormasyon sa pag-aaral tungkol sa panlipunan, pang-ekonomiya, at pangkalahatan usapin sa paggamit ng arogo sa pagmimina sa Pilipinas. Magtatagal ito ng halos 30 minuto at ang lahat ng magiging sagot ay mananatiling confidential at sa pagaaral lang na to gagamitin. Ang mga impormasyon ay pagaasaamahin at tanging ang mga karaniwang sagot lamang ang iuulat. Ang kakalabasan ng pag-aaral na ito ay makakatulong sa sector ng malitang pagmimina at paggawa ng polisiya, na maaari ring ilimbag para sa pag-aaral at pagtalakay. Ang mga resulta ng pag-aaral na ito ay maaaring ibigay sa mga partisipante kung kanilang nanaisin. Maaari nyo po ba kaming matulungan sa pamamagitan ng pagsegot sa mga kaukulang katanungan? ⁵

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japan ⁵

In partnership with ⁵

Municipality of Jose Pangamban Camarines Norte, Philippines ⁵

Section P: Profile of Artisanal Miners ⁵	
P1 ⁵	Lalawigan ⁵ Camarines Norte ⁵
P2 ⁵	Distrito ⁵ First District ⁵
P3 ⁵	Bayan ⁵ Jose Pangamban ⁵
P4 ⁵	Barangay (village) ⁵ ⁵
⁵	Supervisor ⁵ ⁵
⁵	Enumerator ⁵ ⁵
P5 ⁵	Respondent number ⁵ ⁵
P6 ⁵	Lugar o Pangalan ng Kabudan ⁵ ⁵
P7 ⁵	Klase ng Pagkakabod ⁵ 1= Balon 2=Placer mining 3= Compressor ⁵ 4= Kahon 5= Floating 6= Iba pa ⁵

1. ⁵

			(tukuyin)_____	
P8.	Haba / Lalim ng (metro/talampakan/Lampoa). Kung nagkakahon, ilagay ang N/A.	Kabudan	1=Palalim o Pababa	2= Pahaba.
P9.	Petsa ng Panayam.			
P10.	Kasarian ng respondent? 1=lalaki 2=babae.			

Section A: Respondent's Background Information (Piliin ang tamang sagot at ilagay sa kahon katabi ng bawat katanungan. Halimbawa ang sagot ay "oo", ilagay ay "I" sa kahon sa tapat ng tanong. Gayundin kung kinakailangan ng numero o halaga gaya ng kilometro, bilang ng tao, isulat ang bilang/halaga sa kahon...)

A1.	Ikaw ba ang pinuno ng sambahayan? 1 = Oo 2 = Hindi .			1 = Oo
A2.	Kung hindi, ano ang relasyon mo sa kanya? babae 4=kapatid na lalaki 5=kapatid na babae 6=iba pa (tukuyin)	1=Asawa	2=Anak na lalaki	3=Anak na
A3.	Ikaw ba ang nagdedesiyon sa inyong tahanan? Hindi 3=Katuwang.		1= Oo	2=
A4.	Ilang taon ka na?			
A5.	May asawa ka na ba? 4=Biayudo/a 5=Live-in	1=Kasal	2= Single	3=Hiwalay
A6.	Ano ang iyong natapos? School 4=Technical/vocational 5=College/University iba pa (tukuyin)	1=Hindi nag-eakwela	2=Elementary School	3=High 6=
A7.	Gaano ka na katagal nagkakahod dito? buwan: _____	linggo: _____	taon: _____	

A8.	Saan ka madalas naglalagi? kabudan kasama ang pamilya 4=Iba pa (tukuyin) _____.	1=sa kabudan hindi kasama ang pamilya 3=nakatira sa bahay kasama ang pamilya	2=Sa pamilya
A9.	Kung hindi mo kasama ang iyong pamilya, gaano kalayo/katagal bago makarating sa inyong tahanan? (oras/minuto).		
A10.	May iba pa bang nagkakabod sa pamilya?	1= Meron	2= Wala.
A11.	Ilan ang kapamilya mo na kasama sa bahay ang nagkakabod?		Lalaki _____ Babae _____.
A12.	Anong klase ang tinitirhan nyo? Kubo	1=Bahay 4= Apartment 5= Iba pa (tukuyin) _____.	2=Tent 3= _____
A13.	Pag-aari nyo ba ang bahay? Inuupahan	3= Iba pa (tukuyin) _____.	1= Pag-aari 2= _____
A14.	Anong uri ang iyong pamilya? kapamilya	1=Sarili 3=iba pa (tukuyin) _____.	2=Kasama ang ibang _____
A15.	Ilan ang anak mo? Lalaki _____.		Babae _____
A16.	Ilan ang anak na pwede ng mag-aral? Lalaki _____.		Babae _____
A17.	Ilan ang nag-aaral? Lalaki _____.		Babae _____

Section B: Work Profile.

B1.	Ilang taon na ang karanasan sa pagmimina?	Bilang ng taon/ buwan _____.
B2.	May iba ka pa bang hanapbuhay bukod sa pagmimina? 2 = Wala.	1= Meron _____.

B3.	Kung oo, saan ka nagtatrabaho? 1= Sa gobyerno 2=Pribadong negosyo 3=malakihang pagmimina 4= Self-employed 5= Pangingisda 6=Pagsasaka 7=Mag-aaral 8=Iba pa (tukuyin) _____.	
B4.	Ikaw ba ay nagmiminang mag-isa/pamilya o may kasamang ibang tao sa grupo? 1= mag isa 2= grupo.	
B5.	Kung grupo, ilan kayo? Tukuyin ang eksaktong bilang _____.	Lalaki _____, Babae _____.
B6.	Gaano ka kadalasan nagkakabod? 1= buong taon 2= 6 na buwan 3= panapanahon 4=tuwing bakasyon lamang 5= paminsan minsan 6= Iba pa (tukuyin) _____.	
B7.	Kadalasan, ilang araw ka nagtatrabaho sa loob ng isang linggo? Bilang ng araw: _____.	
B8.	Kadalasan, ilang oras ka nagtatrabaho sa loob ng isang araw? Bilang ng oras _____.	

Section C- Involvement in mining and extraction activities. (Piliin ang angkop na kahon sa bawat tanong. Halimbawa, kung ang magkakabod ay naghuhukav, isulat ang 1 sa angkop na kahon. Gavundin, kung hindi ito akma sa kalahok, isulat ang 3 sa angkop na kahon.)

		Oo=1,	Hindi=2,	NA=3,
	1= Taga-hukav			
	2= Taga-igib ng tubig.			
	3=Taga-byarhe ng sakada/tailines.			
	4= Taga-giling ng sakada.			
	5= Taga-barena.			
	6= Taga-Putok (dinamita).			
	7= Taga-lagav ng asoge/taga-biga.			
	8=Taga-rabirik.			
	9=Rod mill operator.			

C1. Ano ang kadalasang gawain mo sa kabudnan? _____

C7.	Kung hindi, partehan/sharing ba? 1=Oo 2=Hindi,	
C8.	Gaano kadalas ang sharing sa loob ng isang buwan? 1= Lingguhan 2=Kinsenas	
C9.	Kung sharing, magkano ang parte mo sa nakalipas na apat na partehan?,	Share, Pesos,

Section D: Production related information (Isulat ang numero o piliin ang 1=Oo at 2=Hindi sa kahon).

Cod e,	Description,	1=Oo,	2=Hindi,	Bilang,
D1.	Ano ang pamamaraan na ginagamit mo sa pagkuha ng sakada? , PAMAMARAAN , 1= Pala., 2=Lasdok., 3=Tubig na pangsumpit., 4=Dinamita., 5=Pagbabarena., 6= Pabirik., 7= Baret., 8= Iba pa (tukuyin) _____.			
D2.	Ikaw ba ang nagpiga/naglututo ng ginto? ,			
D3.	Kung oo, ano ang pamamaraan na ginagamit mo sa paghuli ng ginto? , 1=Rodmill, 2=Dumadaan sa barani/tela., 3= Planta., 4= Iba pa (tukuyin) _____.	1=Oo,	2=Hindi,	

D4.	May iba ka bang alam na pamamaraan sa paghuli ng ginto na hindi gumagamit ng asoge?.			
D5.	Kung oo, alin sa mga sumusunod na pamamaraan ang alam mo? (Piliin ang lahat ng kahon kung mahigit pa sa isa ang nalalaman). 1=Pabirik 2=Magnetic separation 3=Flotation 5=Planta 6= Borax/Kahon/Pagkuha ng Head Ang kasagutan ay maaring lampa sa isa..	4=Direktang Pagluluto/Direct Smelting 7=Iba pa (tukuyin) _____.		
D6.	Nagamit mo na ba ang mga pamamaraang ito? 1=Oo 2=Hindi.			
D7.	Kung oo, alin sa mga nabanggit na pamamaraan (sa D5) ang nagamit mo na? Piliin ang mga pamamaraan na mula sa katanungan (D5) _____.			
D8.	Kung oo, bakit ka gumamit ng asoge? 1=Madali at mabilis gamitin 2=maaring isang tao lang ang gumamit 3=epektibong panghuli ng ginto 4=mas mura kumpara sa ibang alternatibong pamamaraan 5=Walang ibang alternatibong pamamaraan 6= Iba pa (tukuyin) _____. Ang kasagutan ay maaring lampa sa isa..			
D9.	Kung hindi, ano ang dahilan ng hindi...mo paggamit ng pamamaraan na walang asoge? 1= mahal ang ibang pamamaraan 2=naniniwalang ang asoge ay walang masamang epekto sa katawan 3= mas mabilis gamitin ang asoge 4= hindi kayang huihin ang ginto ng walang asoge 5= Iba pa (tukuyin) _____.			
D10.	Ang kasagutan ay maaring lampa sa isa.. Gusto mo bang magkabod ng hindi gumagamit ng asoge? 1=Oo 2=Hindi.			

Section E1: Ore Quality and Processing

Section E2: Revenue / Income from Gold Mining						
	Yunit	Dami	Presyo	Halaga (Pesos)		
E21.	Gaano kadaming sakada ang nakuha ninyo noong nakalipas na isang buwan?.					
E22.	Gaano kadaming ginto ang nakuha ninyo sa nakalipas na isang buwan?.					
E23.	Magkano ang nakuha mong parte sa nakalipas na isang buwan?.					
E24.	Magkano ang nagastos mo sa pagkakabod/korporasyon sa nakalipas na isang buwan?.					
E25.	Nagpakulipaw ka ba? 1=Oo 2=Hindi					
E26.	Kung oo, magkano ang pinakulipaw mo?.		_____ Pesos.			
E27.	Magkano ang kabuuang halaga ng ginto na narekober nitong nakaraang isang buwan? .		_____ Pesos.			

Section F1: Cost Estimation (Dagay Kung Dang Araw Sa Loob Ng Apat Na Linggo Ginagamit Ang Mga Kagamitan)							
Code	ITEM	Tagal ng Serbisyo/Gamit (Bilang ng Taon)		BILANG NG ARAW NG OPERASYON SA ISANG BUWAN	ORAS NG OPERASYON ARAW ARAW	PRESYO BAWAT ISA NG DAMI	KABUUNANG HALAGA BAWAT BUWAN
		Buwa n.	Taon.				
F11.	Pabirik.						

F24.	Nitric Acid / Asido.							
F25.	Borax.							
F26.	Krudo para sa makinarya.							
F27.	Krudo para sa sasakyan.							
F28.	Manok na pang alay							
F29.	Iba pang pang alay (tukuyin).							
F210.	Iba pa (tukuyin) _____.							
F211.	Gaano karaming asoge ang nakonsumo nyo nitong nakalipas na isang buwan?.							
F212.	Madali bang makabili ng asoge?							
F213.	Kung hindi, gaano kabirap bumili ng asoge?							
F214.	Saan nabibili ang asoge?							
F215.	Naparusahan ka na ba ng mga awtoridad dahil sa paggamit mo ng asoge?							
F216.	Kung oo, magkano ang binayaran mong multa dahil sa paggamit ng asoge?							
F217.	Naipasara na ba ang operation nyo bunga ng pag raid dito?							
F218.	Kung oo, paano mo ito <u>naareglo</u> ?							

	4= Iba pa (tukuyin) _____.	
F219.	Magkano ang kabuuang gastos sa pagkakabod (sakada, giling, plaser, kahon, pagluto ng ginto, at iba pa) nitong nagdaang isang buwan? (Pesos).	

Section F3: Labor Used in Mining Activities (Magbigay ng impormasyon nitong nakalipas na isang buwan).

	Bilang ng araw ng trabaho.	Bilang ng araw ng trabaho kada araw.	Bilang ng Share.	Halaga kada Manggagawa.
F31.	Pagsakada.			
F32.	Pag-istira.			
F33.	Hauling.			
F34.	Paggiling.			
F35.	Pagpabirik.			
F36.	Pagluto ng Ginto.			
F37.	Pagluto ng Pagkain.			
F38.	Pag-busero.			
F39.	Pagputok.			
F31	Paghila ng lasdok/sakada.			
0.				
F31	Pagsumpit ng tubig.			
1.				
F31	Iba pa (tukuyin)			
2.				

Section G: Precautionary Measures

Ginagawa mo ba ang mga sumusunod na paraan ng pag-iingat kapag nagkakabod?.	1=Oo.	2=Hindi.	0=NA.
G1. Paggamit ng Filter Mask.			
G2. Paggamit ng tela panakip sa ilong/bibig.			
G3. Paggamit ng skull guard.			
G4. Paggamit ng gwantes.			
G5. Paggamit ng ilaw.			
G6. Paggamit ng bota.			
G7. Paggamit ng Ear Plug.			
G8. Paggamit ng damit pagkatapos ng trabaho.			
G9. Paghugas ng kamay bago kumain.			
G10. Iba pa (tukuyin) _____.			
G11. Nagkaroon ka ba ng pagsasanay ukol sa kalusugan at kaligtasan para sa pagkakabod? (Occupational Health & Safety).			
G12. Kung oo, sino ang nagbigay ng pagsasanay? _____ International organization 4=Iba pa (tukuyin) _____.	1= NGO	2= Pamahalan	3=
G13. Kung magkakaroon ng pagsasanay ukol sa kalusugan at kaligtasan, sasali ka ba? _____			1=Oo 2=hindi

Section H: Health Impact

H0. Sa tingin mo, ikaw ba o ang iyong mga kasamahan ay may nararanasang karamdaman dahil sa pagkakabod?.	1= Oo.	2=Hindi.
H1. Kung _____, ano ang iyo/inyong nararamdaman? _____.		

H2.	Nakaranas ka na ba ng alinmang sintomas mula ng ikaw ay magkabod? (Piliin ang kaukulang kahon).	.	.
H3.	Pananakit ng likod.	.	.
H4.	Paglabo ng paningin.	.	.
H5.	Sakit sa baga.	.	.
H6.	Pagkamahimutin.	.	.
H7.	Panginginig / Pasmado.	.	.
H8.	Sobrang pagkapagod.	.	.
H9.	Pagsusuka.	.	.
H10.	Problema sa koordinasyon sa paggalaw.	.	.
H11.	Sakit sa puso.	.	.
H12.	Bronchitis / ubo, sipon at impeksyon sa baga.	.	.
H13.	Sakit sa bato.	.	.
H14.	Pagkasira ng isip.	.	.
H15.	Iba pa (tukuyin) _____.	.	.
H16.	Nabalisa (Mental Stress) ka ba ng dahil sa pagkakatambal? 1=Hindi 2=Minsan 3=Hindi alam 4=Madalas.	.	.
	Kung oo, Ano ang dahilan? Piliin ang mga karampatang sagot at ihanay (RANKING) mula "0" hanggang "5".. "0" kung walang pagkabalisa at "5" kung matindi ang pagkabalisa/ stress na nararamdaman.. a =Mahabang oras sa loob ng tunnel.	.	.
H17.	b = Mababa ang partehan.	.	.
	c = Sobra sa trabaho.	.	.

	d = Walang natanggap na pera mula sa pagkakabod.	
	e =Iba pa (tukuyin) _____.	
H18.	Masaya ka ba sa partehan sa lahat ng players? 1=Oo 2= Hindi.	
H19.	Nakuha mo ba ang iyong parte sa tamang oras? 1=Oo 2= Hindi.	
H20.	Humiram ka ba para suportahan ang iyong pamilya sa nagdaang isang buwan? 1=Oo 2=Hindi.	
H21.	Kung oo, kanino ka humiram ng pera? 1=Financier 2=may ari ng lupa 3=Kamag-anak/Kaibigan 4=Pawn Shop 5=Iba pa (tukuyin) _____.	
H22.	Magkano ang hiniram mong pera? _____Pesos.	
H23.	Bakit ka humiram ng pera? 1= Pambili ng pagkain para sa pamilya 2=Para sa edukasyon ng mga bata 3=Para mag-alih sa club/videoke bar 4= Iba pa (tukuyin) _____.	
H24.	Sa palagay mo ba ay may epekto sa kapaligiran ang asoge? 1=Oo 2=Hindi.	
H25.	Nalalaman mo ba ang mga epekto sa kalikasan ng pagkakabod?.	
H26.	Kung oo, isa isahin ang mga epekto nito.	
H27.	Sa tingin mo ba ang tailings ay nagiging sanhi ng kontaminasyon sa mababang lugar? .	
H28.	Meron na bang gumawa ng hakbang para solusyonan ito? 1= Gobyerno 2= Mamamayan 3= NGOs 4=iba pa (tukuyin) _____ 5= Wala pa.	
H29.	Sa palagay mo ba nasolusyonan na ang mga isyung ito? 1=Oo 2= Hindi.	
H30.	Ano ang iyong maimumungkahi upang masolusyonan ang mga ito? Magbigay ng solusyon _____.	
H31.	Payag ka bang lumahok sa mga pagsasanay ukol sa pangangalaga ng kalikasan sa inyong komunidad? 1=Oo 2= Hindi.	

Section I: Income Sources				
	Alin sa mga sumusunod ang inyong pinagkukunan ng kabuhatan? Magkano ang inyong kinikita kada buwan sa mga sumusunod na kabuhatan? (piliin ang kaukulang kahon. Kung oo, ilagay kung magkano ang kinikita).	Oo=1.	Hindi=2.	Halaga, (Pesos).
I1.	Pagmimina.			
I2.	Pagsasaka.			
I3.	Pangingisda.			
I4.	Trabaho.			
I5.	Negosyo.			
I6.	Padala galing sa ibang bansa.			
I7.	Iba pa (tukuyin) _____.			
I8.	Magkano ang naiipon mo sa isang buwan (kung meron man)?.			

Section J: Consumption Expenditures (Monthly)	
	Halaga, (Pesos).
Sa loob ng isang buwan, magkano ang ginastos mo para sa mga sumusunod na pangangailangan sa bahay? (Ibigay ang tinatayang halaga na ginastos mo sa bawat kategorya).	
J1. Pagkain	
J2. Tubig	
J3. Upa	
J4. Kalusugan	

J5.	Edukasyon	
J6.	Damit at sapatos	
J7.	Pamasaha.	
J8.	Kuryente	
J9.	Bisyo.	
J10.	Okasyon	
J11.	Alak.	
J12.	Iba pa (tukuyin) _____.	

Section K: Pattern ng Paggamit Ng Sambahayan At Pag Access Sa Mga Pangunahing Pasilidad		
Cod e.		
K1.	Gaano ka kadalas kumain ng isda sa isang linggo? limang beses	1= isa o dalawang beses 2= tatlo hanggang 3= halos araw-araw 4= hindi kumakain 5= Iba pa
K2.	Anong klase ng isda ang iyong kinakain? pond	1= galing sa dagat 2= galing sa ilog 3= galing sa fish 4= hindi alam.
K3.	Gaano ka kadalas kumain ng gulay sa isang linggo?	1= isa o dalawang beses 2= tatlo hanggang

	limang beses 3= halos araw-araw 4=hindi kumakain 5= iba pa.		
K4.	Gaano ka kadalas kumain ng karne? 3= halos araw-araw 4=hindi kumakain 5= iba pa.	1= isa o dalawang beses 2= tatlo hanggang limang beses	
K5.	May pinagkukunan ba kayo ng malinis na inuming tubig? = Hindi.	1 = Oo	2
K6.	Saan ka kumukuha ng inuming tubig? facility 4= Iba pa _____.	1=Balon 2=Bukal 3=Water district	
K7.	Meron ba kayong palikuran sa inyong bahay?	1=Meron 2= Wala.	
K8.	Meron ba kayong internet sa inyong bahay?	1=Meron 2= Wala.	
K9.	Sementado ba ang daanan / kalsada mula sa inyong bahay papuntang kabayanan?	1=Oo 2=Hindi.	

Section L: Personal Consumption Items			Halaga (Pesos)
Code	Items		
L1.	Air Condition.		
L2.	TV.		
L3.	Makinang Panahi		
L4.	Refrigerator.		
L5.	Radio.		
L6.	Washing Machine.		
L7.	Gas/Cylinder (LPG).		
L8.	Solar Panel.		
L9.	Mobile phone / Cellphone.		

L10.	Kotse.	
L11.	Motorsiklo.	
L12.	Iba pang sasakyan (tukuyin) _____.	
L13.	Iba pa (tukuyin) _____.	

Section M: Kung bibigyan ka ng pagkakataon na makapili ng pagkakakitaan, alin sa mga sumusunod ang pinakagusto mo? Piliin ayon sa pagkakasunud-sunod ayon sa prayoridad.

Cod e.		Ranking.
M1.	Pagmimina.	
M2.	Pagsasaka.	
M3.	Pangingisda.	
M4.	Trabaho.	
M5.	Negosyo.	
M6.	Trabaho sa ibang bansa.	

図表一覧

写真 1,2 フィリピンにおける ASGM の様子

写真 3 写真 共生するポリバス鉱(Pol)、硫砒鉄鉱石(Tet)および黄鉄鉱 (Py)。

写真 4 鉱石中の方鉛鉱及び重金属鉱物。Gn：方鉛鉱；Sp：閃亜鉛鉱；Py：黄鉄鉱。

写真 5 モンゴルにおける採鉱・製錬関係者との面談

写真 6 フィリピンにおけるジュエリー関係者の フォーカス・グループ・インタビュー

図 1 選鉱・製錬施設における水銀の使用実態

図 2 一般化したエシカルジュエリーの供給チェーン

図 3 モンゴルにおける供給チェーン変革の一案

図 4 フィリピンにおける供給チェーン変革の一案

図 5 モンゴルにおける調査地域

図 6 フィリピンにおける調査地域

図 7 モンゴルの調査地域における山金及び砂金の採掘時期

図 8 モンゴルの回答者の性別

図 9 ASGM に対する従事年数

図 10 回答者の主な収入源

図 11 無機水銀に起因する可能性がある症状

図 12 データを記入した調査票の例

図 13 水銀の MFA のシステム境界

図 14 副産物に関わる水銀のマテリアルフローのシステム境界

図 15 ASGM に関わる水銀のマテリアルフローのシステム境界

図 16 水銀含有製品に関わる水銀のマテリアルフローのシステム境界

図 17 フィリピンにおける水銀のマテリアルフロー推定結果

図 18 フィリピンにおける水銀のマテリアルフロー推定結果

図 19 モンゴルにおける水銀のマテリアルフロー推定結果

図 20 モンゴルにおける水銀のマテリアルフロー推定結果

図 21 フィリピンにおける水銀の投入フローの経年変化

図 22 フィリピンにおける水銀の投入フロー構成比の経年変化

図 23 フィリピンにおける水銀の産出フローの経年変化

図 24 フィリピンにおける水銀の産出フロー構成比の経年変化

図 25 モンゴルにおける水銀の投入フローの経年変化

図 26 モンゴルにおける水銀の投入フロー構成比の経年変化

図 27 モンゴルにおける水銀の産出フローの経年変化

図 28 モンゴルにおける水銀の産出フロー構成比の経年変化

図 29 フィリピンにおける水銀の輸入量の経年変化

- 図 30 フィリピンにおける水銀の輸入量構成比の経年変化
- 図 31 モンゴルにおける水銀の輸入量の経年変化
- 図 32 モンゴルにおける水銀の輸入量構成比の経年変化
- 図 33 フィリピンにおける水銀の環境排出量の経年変化
- 図 34 フィリピンにおける水銀の環境排出量構成比の経年変化
- 図 35 モンゴルにおける水銀の環境排出量の経年変化
- 図 36 モンゴルにおける水銀の環境排出量構成比の経年変化
- 図 37 水銀の MFA における動脈産業と静脈産業の定義
- 図 38 フィリピンにおいてエシカルジュエリーを導入した場合の水銀のマテリアルフロー推定結果
- 図 39 フィリピンにおける水銀のマテリアルフロー推定結果
- 図 40 モンゴルにおいてエシカルジュエリーを導入した場合の水銀のマテリアルフロー推定結果
- 図 41 モンゴルにおける水銀のマテリアルフロー推定結果
- 図 42 フィリピンにおけるエシカルジュエリー導入前後での環境排出量の変化
- 図 43 モンゴルにおけるエシカルジュエリー導入前後での環境排出量の変化
- 図 44 フィリピンにおけるエシカルジュエリー導入前後での ASGM への水銀輸出量の変化
- 図 45 モンゴルにおけるエシカルジュエリー導入前後での ASGM への水銀輸出量の変化

- 表 1 仕様書に記載された業務内容
- 表 2 ポリバス鉱の組成
- 表 3 黄鉄鉱の組成
- 表 4 マンダル村の構成
- 表 5 フダー村の構成
- 表 6 エルウ村の構成
- 表 7 検討のために使用した変数
- 表 8 コストと利益率
- 表 9 収益性の決定要因解析結果
- 表 10 水銀使用を中止する意志に関する決定要因解析結果
- 表 11 環境に対する意識の分析結果
- 表 12 MFA のライフステージと対応する産業および製品
- 表 13 本 MFA で使用した製品中水銀含有量データ
- 表 14 本 MFA で使用した対象製品の対応する貿易統計品目分類
- 表 15 本 MFA で使用した製品別移行係数データ
- 表 16 水銀マテリアルフローマトリックス
- 表 17 正方化された水銀マテリアルフローマトリックス

執筆者

産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門 上級主任研究員 村尾 智

広島大学 工学部 准教授 布施 正曉

山形大学 理学部 教授 中島 和夫

The University of Queensland Business School, Postdoctoral Research Fellow, Shabbir Ahmad
